

**Tilo Sperling**

**Bestandsuntersuchung von Brückenbauwerken und  
vergleichende Bewertung von Sanierungsmöglichkeiten an  
ausgewählten Beispielen**

## **DIPLOMARBEIT**

**HOCHSCHULE MITTWEIDA**

---

**UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

**Maschinenbau/Feinwerktechnik**

Mittweida, 2010

**Tilo Sperling**

**Bestandsuntersuchung von Brückenbauwerken und  
vergleichende Bewertung von Sanierungsmöglichkeiten an  
ausgewählten Beispielen**

eingereicht als

**DIPLOMARBEIT**

an der

**HOCHSCHULE MITTWEIDA**

---

**UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

**Maschinenbau/Feinwerktechnik**

Riesa, 2009

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing Torsten Laufs
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Paul Mechold

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

## **Bibliographische Beschreibung**

Sperling, Tilo:

Bestandsuntersuchung von Brückenbauwerken und vergleichende Bewertung von Sanierungsmöglichkeiten an ausgewählten Beispielen. – 2009. – 122 S.

Riesa, Hochschule Mittweida, Fachbereich Stahl- und Metallbau, Diplomarbeit, 2010

## **Referat**

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, den Ablauf von Brückenprüfungen nach den gültigen Normen darzustellen und mit gezielten Verweisen auf praktische Referenzobjekte das Thema zu veranschaulichen. Dabei werden vor allem ältere Brückenbauwerke und ihre Normen genauer untersucht, aber auch die heutige Entwicklung der anzuwendenden Regelwerke dargestellt. Die so verdeutlichten Informationen dienen zur Erarbeitung von Sanierungsmöglichkeiten, welche theoretisch beschrieben und anschließend erneut an einem ausgewählten Beispiel aufgezeigt werden. Ein abschließender Vergleich der Kosten zwischen Sanierung und Ersatzneubau, sowie die Erstellung von Rekonstruktionszeichnungen, Bauwerksbuch und Brückenprüfprotokoll schließen die Arbeit ab.

## **Danksagung**

Für die Möglichkeit die Arbeit in dieser Art und Weise verfassen zu können, möchte ich mich vor allem bei meinem betreuenden Professor der Fachhochschule Mittweida, Prof. Dr.-Ing Torsten Laufs bedanken. Dabei denke ich in erster Linie an die Unterstützung mit den zur Verfügung gestellten Unterlagen und die Fachgespräche. Ein weiteres Dankeschön für die freundliche Unterstützung, sowie vielfältigen Anregungen verdient Dr.-Ing. Paul Mechold von der IMO Leipzig, welcher immer für Fachdiskussionen erreichbar war.

Zum Schluss möchte ich noch meinen Eltern und Freunden danken, dass Sie immer für mich da waren, um mir den Rücken freizuhalten.



**Inhaltsverzeichnis**

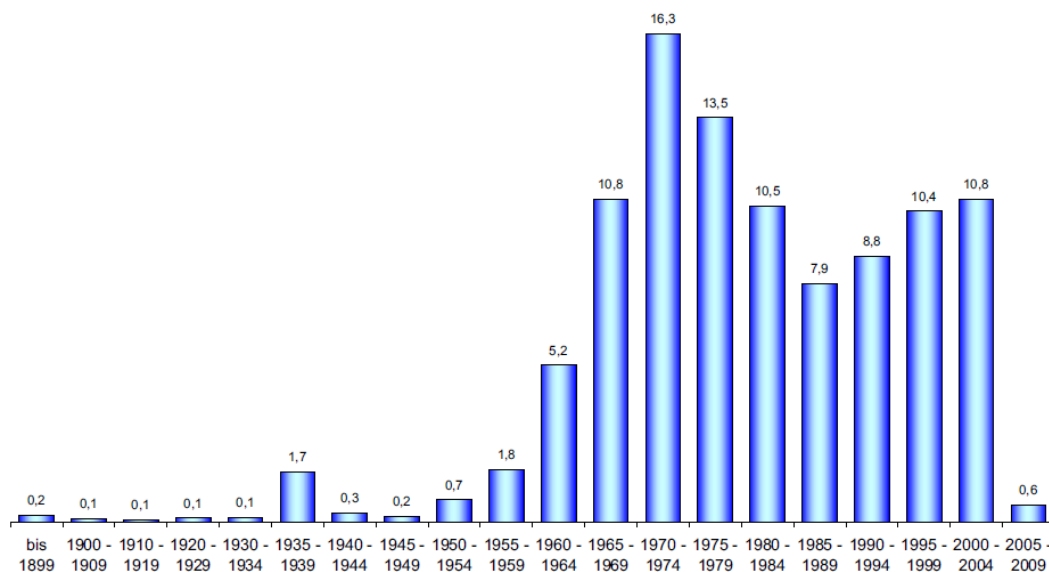
Deckblatt .....	I
Deckblatt .....	II
Bibliographische Beschreibung .....	III
Referat.....	III
Danksagung .....	IV
Inhaltsverzeichnis.....	V
1 Einleitung .....	1
1.1 Allgemeines .....	1
1.2 Ziel der Arbeit.....	2
1.3 Abgrenzung.....	3
1.4 Definitionen .....	6
1.5 Verwendete Symbole, deren Einheiten und Bedeutung .....	8
2 Theoretische Aspekte über Bestandsuntersuchung von Brücken.....	9
2.1 Einführung.....	9
2.2 Metallurgie .....	10
2.2.1 Geschichtlicher Abriss der Stahlherstellung .....	10
2.2.2 Gusseisen .....	15
2.2.3 Schweiß- oder Puddelstahl (Eisen-) .....	16
2.2.4 Flußstahl .....	20
2.2.5 Flußstahl heute und Fazit .....	26
2.3 Erläuterung maßgeblicher Normen .....	31
2.3.1 Konzentrierter Überblick DIN 1076 .....	31
2.3.2 Konzentrierter Überblick DIN 1072 .....	37
2.3.3 Konzentrierter Überblick DIN 18809 .....	42
2.3.4 Angewendete Richtlinien .....	46
2.4 Einführung in die Bauwerksinstandhaltung .....	46
2.5 Hinweise zur Planung von Brückenprüfungen .....	47
2.6 Prüfausrüstung und Prüfverfahren .....	49

2.7	Prüfungsschwerpunkte für Stahlbrücken .....	52
2.7.1	Allgemeine Betrachtungsweisen.....	52
2.7.2	Korrosionsschutz .....	54
2.7.3	Schweißnähte .....	64
2.7.4	Niete und Schrauben .....	66
2.7.5	Seile und Zügelemente .....	66
2.7.6	Brückenausstattung .....	67
2.8	Auswertung und Zustandsbewertung der Brückenprüfung .....	78
2.9	Tragfähigkeitseinschätzungen von Brückenbauwerken.....	82
2.9.1	Einführung .....	82
2.9.2	Entwicklung der Sicherheitskonzepte .....	82
2.9.3	Aktuelle Verfahrensmöglichkeiten.....	83
2.9.4	Entwicklung für die Zukunft.....	85
3	Bestandsuntersuchung des Referenzobjektes.....	88
4	Theoretische Sanierungsmöglichkeiten von Brücken .....	89
4.1	Erhaltung der Tragfähigkeit.....	89
4.2	Erweiterung der Tragfähigkeit.....	95
4.3	Schutz der Dauerhaftigkeit.....	98
4.4	Wiederherstellung der Verkehrssicherheit .....	108
4.5	Erhaltung der Optik/ Denkmalschutz.....	112
4.6	Schlussfolgerung.....	113
5	Sanierungsmöglichkeit des Referenzobjektes .....	114
6	Zusammenfassung.....	118
	Literaturverzeichnis .....	119
	Abbildungsverzeichnis.....	126
	Tabellenverzeichnis.....	131
	Selbstständigkeitserklärung .....	132

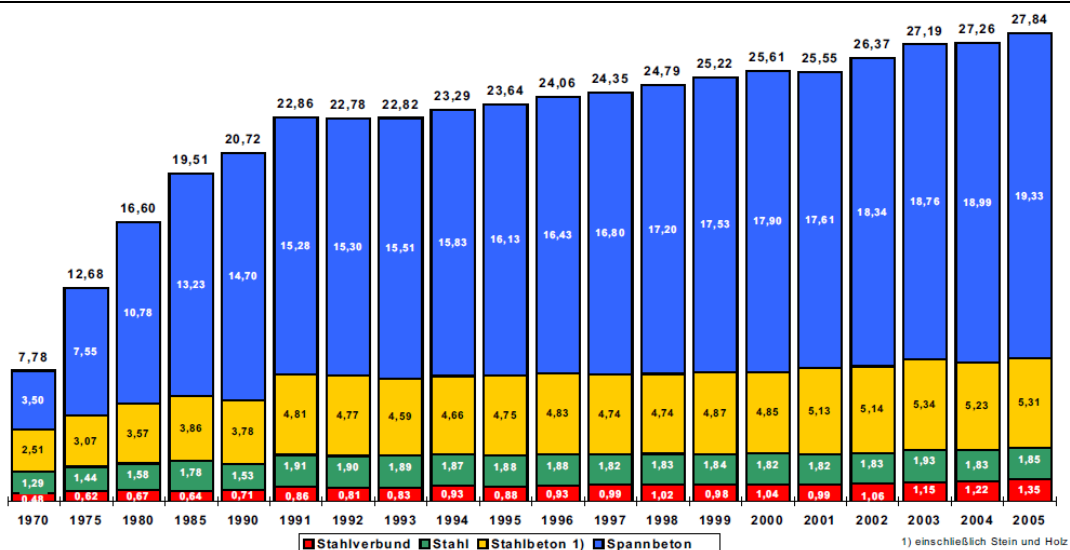
# 1 Einleitung

## 1.1 Allgemeines

Deutschland besitzt ein dichtes Verkehrsnetz aus Bundesstraßen, Autobahnen, Landes- und Staatsstraßen sowie Schienenfernverkehrswegen, welches ohne die Vielzahl von Brücken zum Erliegen kommen würde. Die Zahl der sich im Verkehrsbetrieb befindlichen Brücken liegt heute bundesweit bei ca. 120.000, wobei ihr „Bestandsvermögen“ auf 80 Mrd. Euro geschätzt wird. Um alle diese Viadukte neu bauen zu können, müssten 33% eines Bundeshaushaltes ausgegeben werden. Zum Anfang des Brückenbaus waren die Überführung meist aus Holz, Seilen oder Stein. Heute besteht das Netz der Brücken zu 53,8% aus Stahlbeton, 37,8% Spannbeton, 6,1% Stahl und zu 2,3% aus Stahlverbundbauweise. Stahl ist generell in allen vier Festigkeiten der überlegene Baustoff, jedoch können die Zugschwächen des Betons durch den gezielten Einzug von Stahlbewehrung ausgeglichen werden. Die Hauptstrecken der Verbindungen sind meist schon relativ alt und die vorwiegend ermüdungsbeanspruchten Stahlbauwerke haben ihre Lebensdauer erreicht oder schon überschritten. Gleichzeitig hat sich die Motorisierung auf ein stabiles Niveau eingestellt und ein immer restriktiverer Umgang mit freien Landschaftsflächen ist notwendig. Daraus lässt sich folgern, dass die Streckenerhaltung und Überwachung immer mehr an Bedeutung gewinnen und immer größere finanzielle Mittel im Vergleich zum Neubau erfordern wird. Andererseits kann sich durch das Verändern des politischen Wirtschaftsraumes und die Einbindung z.B. ehemaliger Ostblockstaaten eine Verschiebung oder Erweiterung der Verkehrsströme im Transitverkehr ergeben und somit neue Hauptverbindungen notwendig machen. Der Ersatz baufälliger Brücken und von Brücken mit zu geringer Tragfähigkeit oder unbefriedigender Gebrauchstauglichkeit durch Neubauten erscheint vielfach technisch einfacher und zudem kostengünstiger als deren Ertüchtigung. Allerdings ist in diesem Zusammenhang zu bemerken, dass manche alten Brücken ausgesprochene Baudenkmäler darstellen und nach heutiger Auffassung nicht ohne Weiteres abgebrochen oder dem Verfall preisgegeben werden sollten.



**Bild 1-1 Altersstruktur der Brücken der Bundesfernstraßen nach Brückenfläche (Stand: 31.12.2005) [BmVBS2009]**



**Bild 1-2 Brückenbestand der Bundesfernstraßen nach Brückenflächen (Mio. m²) und Bauarten (Stand: 31.12.2005) [BmVBS2009]**

## 1.2 Ziel der Arbeit

Durch die gewonnenen Erkenntnisse, dass der Erhaltung und Überwachung von Brückenbauwerken sowie deren Instandhaltung und Sanierung immer mehr an Bedeutung zukommt, soll diese Arbeit einen allgemeinen Überblick über die Schwerpunkte und den Ablauf von Brückenprüfungen nach DIN 1076 (Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung) herausarbeiten. Gezielt soll die Herangehensweise beschrieben und Anhand von praktischen Ablaufbeispielen festgehalten werden. Die aufgezeigten Ansätze sollen kein striktes Schema darstellen, sondern die Gedanken in verschiedene Richtungen lenken um beim Prüfen auch andere Denkweisen einzubeziehen. Das theoretisch

entwickelte Handwerkszeug wird an einem baupraktischen Referenzobjekt aufgezeigt und mit Hilfe des softwaregestützten Brückenmanagementprogramms SIB-Bauwerke nach der ASB (Anweisung Straßeninformationsbank) dokumentiert. Im Anschluss wird die Erarbeitung herkömmlicher sowie spezieller Sanierungsmöglichkeiten von Brückenbauwerken untersucht und dargestellt. Die Resultate aus den entwickelten Lösungsmöglichkeiten werden anschließend wiederum an dem aus der Praxis entnommenen Exempel angewendet. Dabei werden außerdem die alten Lastannahmen der Beispielbrücke untersucht und die Sanierungsvariante statisch nachgewiesen. Den Abschluss bildet ein Kostenvergleich zwischen einer Sanierungsvariante und einem Ersatzneubau. Im Hinblick auf alte Bausubstanzen werden die früher eingesetzten Stähle und genietete Stahlkonstruktionen genauer untersucht.

### **1.3 Abgrenzung**

Die Ausführungs- und Konstruktionsmöglichkeiten von Brücken umfasst eine große Varietät an zu verwendenden Baustoffen wie bspw. Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Stein, Holz und Stahl. Die Einschränkung dieser Arbeit wird sich auf den Bereich der Brücken aus Stahl konzentrieren und nur vereinzelt auf Besonderheiten des Betons verweisen, da es möglich ist das diese Brücken Betonfahrbahnen erhalten. Die Arbeit befasst sich ebenfalls nicht mit beweglichen Brücken.

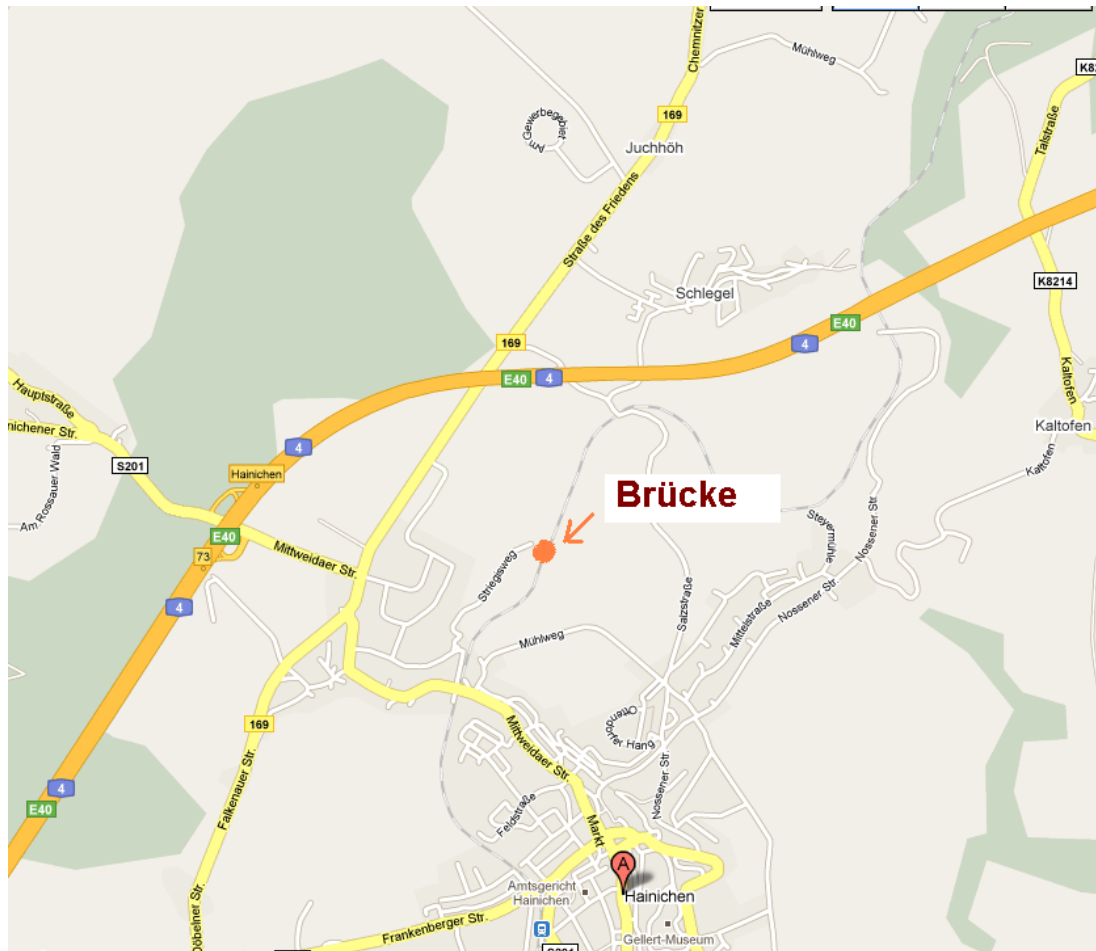
#### **Beschreibung der Referenzbrücke für die Beispieldarstellungen**

Als Beispiel für ein Instandsetzungsprojekt dient eine alte, ehemalige Eisenbahnbrücke aus dem Jahr 1925, welche im Abschnitt der nicht mehr genutzten Bahnlinie Roßwein-Hainichen liegt. Die Brücke befindet sich dabei etwas abseits des Ortes Hainichen, kurz neben der Autobahnauffahrt A4 im Striegiestal. Der Fluss Striegis wird dabei von der Brücke überspannt. Die Eisenbahnstrecke ist still gelegt und vollkommen zurückgebaut, so dass an dieser Stelle jetzt ein Radweg entstehen soll. Die Abschnitte zwischen Hainichen und Km 18,4 sowie zwischen Roßwein und Km 3,8 Radweg sind bereits fertiggestellt. Deshalb soll für die Brücke eine Umnutzung mit Sanierung angestrebt werden welche die Eingliederung dieser in den Radwanderweg ermöglicht.

**Geographische Lage:**

Breite: 50°59'4.08"N

Länge: 13° 7'10.29"O



**Bild 1-3 Landkarte**



**Bild 1-4 Satellitenbild**





**Bild 1-5 Eisenbahnbrücke Striegistal**

<b>Anforderungsprofil</b>		
<b>Brücke</b>	<b>Last</b>	<b>Beschreibung</b>
Fuß- und Radwegbrücke	5 kN/m <sup>2</sup>	nach DIN Fb 101
Unterhalts- oder Feuerwehrfahrzeug	120 kN (Achslast (80kN/40kN))	nach DIN Fb 101
Spannweite	10,5 m	vorhanden
Fahrbahnbreite	2,8 m	nach ERA 95
Nutzungsdauer	100 Jahre (Schutzdauer L entspricht > 15 Jahre)	für austauschbare Teile und Beschichtung 30 Jahre nach DIN ISO 12944
Klimatische Einwirkung	Schneelastzone 3 Windzone 2 Gewlände-kategorie 3 Korrosivitäts-kategorie C3/C4	nach DIN 1055-5 nach DIN 1055-4  nach DIN ISO 12944
Höhe	305 m ü. NN	
Brückenprüfung		nach DIN 1076

## 1.4 Definitionen

### **Altstahl**

Als Altstahl werden die Baustähle bis 1940 bezeichnet. Eine genauere Betrachtung befindet sich unter 2.2 Metallurgie.

### **Flußstahl heute**

Zu Flußstahl heute zählen die Baustähle, die nach derzeitig gültigen Normen für den Bau von Stahltragwerken genutzt werden.

### **Ingenieurbauwerke nach DIN 1076**

*Zu den Ingenieurbauwerken nach DIN 1076 zählen Brücken, Verkehrszeichenbrücken, Tunnel, Trogbauwerke, Stützbauwerke, Lärmschutzbauwerke und sonstige Ingenieurbauwerke[RIPRÜF2007] .*

### **Mangel**

*Ein Mangel im Sinne der Bauwerksprüfung ist die Abweichung der Bauwerks- oder Bauteilbildung vom planmäßigen Sollzustand oder von den zum Prüfzeitpunkt geltenden Regelwerken. Er kann eine Beeinträchtigung der Standsicherheit (S), der Verkehrssicherheit (V) und/oder der Dauerhaftigkeit (D) darstellen[RIPRÜF2007] .*

### **Schaden**

*Ein Schaden im Sinne der Bauwerksprüfung ist die Veränderung des Bauwerks- oder Bauteilzustandes und kann zu einer Beeinträchtigung der Standsicherheit (S), der Verkehrssicherheit (V) und/oder der Dauerhaftigkeit (D) führen.[RIPRÜF2007] .*

### **Bauteilgruppen**

*Nach ASB-ING kann ein Ingenieurbauwerk aus folgenden Bauteilgruppen bestehen: Überbau, Unterbau, Bauwerk, Vorspannung, Gründungen, Erd- und Felsanker, Brückenseile und -Kabel, Lager, Fahrbahnübergänge, Abdichtungen, Beläge, Kappen, Schutzeinrichtungen und Sonstige[RIPRÜF2007] .*

### **Zustandsnote der Bauteilgruppe**

*Die Zustandsnote der Bauteilgruppe beschreibt die Schwere der Schädigung der Bauteilgruppe. Sie wird vom Programmsystem SIB-Bauwerke auf der Basis der Einzelschadensbewertung nach ermittelt[RIPRÜF2007] .*

### **Zustandsnote des Teilbauwerks**

*Die Zustandsnote von Ingenieurbauwerken bezieht sich auf das Teilbauwerk. Sie wird vom Programmsystem SIB-Bauwerke auf der Basis der maßgebenden Zustandsnote der Bauteilgruppe nach der Einzelschadensbewertung ermittelt[RIPRÜF2007] .*

### **Substanzkennzahl**

*Die Substanzkennzahl wird für die Bauteilgruppe und das Teilbauwerk ermittelt. Sie entspricht der Zustandsnotenbewertung ohne Berücksichtigung der Verkehrssicherheitsbewertung ( $V = 0$ ) und dient der Bilanzierung des Anlagevermögens[RIPRÜF2007] .*



### **Standssicherheit/ Tragfähigkeit**

*Die Standssicherheit kennzeichnet die Eigenschaft eines Bauwerkes bzw. einzelner Bauwerksteile, die planmäßigen Beanspruchungen (bei Nutzungsbeschränkungen entsprechend reduziert) schadlos aufnehmen zu können. Die Standssicherheit ist gegeben, wenn Bauteilzustand, Baustoffqualität, Bauteilabmessungen und Bauwerksbeschilderung sowie die Beanspruchungen aus der planmäßigen Bauwerksnutzung, den Annahmen der Bemessung / Nachrechnung / Tragfähigkeitseinstufung und ggf. den Nutzungsbeschränkungen des Bauwerkes entsprechen. Die Standssicherheit ist nicht gegeben, wenn Bauteilzustand, Baustoffqualität oder Bauteilabmessungen oder die Beanspruchungen aus der planmäßigen Bauwerksnutzung nicht den Annahmen der Bemessung / Nachrechnung / Tragfähigkeitseinstufung des Bauwerkes entsprechen bzw. erforderliche Nutzungsbeschränkungen nicht vorhanden oder nicht wirksam sind[RIPRÜF2007] .*

### **Verkehrssicherheit**

*Die Verkehrssicherheit ist ein Maß für die Bauwerksausbildung nach anerkannten Regeln der Technik zum jeweiligen Prüfzeitpunkt, welche die Anforderungen an Sicherheit und Ordnung hinsichtlich der gefahrlosen und bestimmungsgemäßen Nutzung des Bauwerkes beinhaltet. Sie schließt damit sowohl die Sicherheit für Verkehrsteilnehmer und Fahrzeuge als auch die Sicherheit für Personen und Sachen im Bauwerksumfeld ein. Dabei wird eine verständige, unter Würdigung der äußeren Umstände gebotene Vorsicht und die im Verkehr übliche Sorgfalt der Verkehrsteilnehmer vorausgesetzt. Die Verkehrssicherheit ist gegeben, wenn das Bauwerk keine oder lediglich geringfügige Mängel/Schäden aufweist, die keinen Einfluss auf die Verkehrssicherheit haben und im Rahmen der planmäßigen Bauwerksunterhaltung behoben werden können. Sie ist ebenfalls gegeben, wenn der Bauwerksnutzer die Gefährdung rechtzeitig erkennen kann bzw. wenn die Verkehrsteilnehmer in geeigneter Weise auf Gefährdungen besonders hingewiesen und damit zu erhöhter Vorsicht angehalten werden. Die Verkehrssicherheit ist nicht gegeben, wenn das Bauwerk Mängel/Schäden aufweist, von denen eine nicht erkennbare Gefahr bei der planmäßigen Bauwerksnutzung ausgeht[RIPRÜF2007] .*

### **Dauerhaftigkeit**

*Die Dauerhaftigkeit kennzeichnet die Widerstandsfähigkeit des Bauwerkes bzw. einzelner Bauwerksteile gegenüber Einwirkungen, um eine möglichst lange Nutzungsdauer unter Aufrechterhaltung der Standssicherheit und Verkehrssicherheit bei planmäßiger Nutzung und planmäßiger Bauwerksunterhaltung zu erreichen. Die Dauerhaftigkeit ist gegeben, wenn das Bauteil/ Bauwerk keine oder lediglich geringfügige Mängel/ Schäden aufweist, die im Rahmen der Bauwerksunterhaltung oder im Zuge von geringfügigen Instandsetzungsmaßnahmen behoben werden können. Es ist zu erwarten, dass das Bauteil/Bauwerk ohne Nutzungseinschränkungen entsprechend der Verkehrsbedeutung der Straße seine Nutzungsdauer erreicht. Die Dauerhaftigkeit ist nicht gegeben, wenn das Bauteil/Bauwerk solche Mängel/Schäden aufweist, die nur durch umfangreiche Instandsetzungsmaßnahmen oder Erneuerung behoben werden können. Werden die erforderlichen Maßnahmen nicht durchgeführt, ist zu erwarten, dass das Bauwerk lediglich mit eingeschränkter Nutzung seine konzipierte Nutzungsdauer erreicht oder eine vorzeitige Erneuerung erforderlich wird[RIPRÜF2007] .*

## 1.5 Verwendete Symbole, deren Einheiten und Bedeutung

Zeichen	Einheit	Größe/Erläuterung
$W_{y,vorh}$	cm <sup>3</sup>	vorhandenes Widerstandsmoment
$W_{y,erf}$	cm <sup>3</sup>	erforderliches Widerstandsmoment
$N_{d,max}$	kN	maximal vorhandene Zugkraft
$\sigma_{vorh}$	N/mm <sup>2</sup> , kN/cm <sup>2</sup> , kN/m <sup>2</sup>	vorhandene Spannung (Sigma)
$\sigma_{zul}$	N/mm <sup>2</sup> , kN/cm <sup>2</sup> , kN/m <sup>2</sup>	zulässige Spannung
$\sigma_{zul,Bieg}$	N/mm <sup>2</sup> , kN/cm <sup>2</sup> , kN/m <sup>2</sup>	zulässige Biegespannung
$\gamma_F$	ohne	Sicherheitsfaktor für veränderliche Last
$q_k$	kN/m	charakteristische Geländerbelastung
$b$	m	Achsabstand der Pfosten
$h$	m	Geländerhöhe
$H_K$	kN	Holmlast (Handlauf)
$M_{y,d}$	kNm	Einspannmoment
$a$	cm	Abstand Zug zu Druckpunkt
$V_{a,d}$	kN	vorhandene Abscherkraft
$V_{a,R,d}$	kN	zulässige Abscherkraft
	$\frac{kN}{m^2}$	Flächenlast
	kN/m	Linienlast
$Q_v$	kN	Querkraft
$q_v$	kN/m <sup>2</sup>	nichtständige vertikale Verkehrslast
$M_{b,vorh}$	kNm	vorhandenes Biegemoment
$\overline{M}_b$	kNm	virtuelles Biegemoment
$E_{mo}$	N/mm <sup>2</sup>	E-Modul
$I_{vorh}$	cm <sup>4</sup>	vorhandenes Trägheitsmoment
$I_{ges}$	kNm <sup>3</sup>	$(\int M \cdot \overline{M}) \cdot l$
$f_{zul}$	mm	zulässige Durchbiegung
$f_{vorh}$	mm	vorhandene Durchbiegung
	mm,cm	Längen
$q_h$	kNm	nichtständige Horizontallast
$d$	cm,mm	Durchmesser

## **2 Theoretische Aspekte über Bestandsuntersuchung von Brücken**

### **2.1 Einführung**

Beim Bau von neuen Brückenbauwerken gewährleistet die aktuellen Normenwerke eine ausreichende Sicherheit. Diese Normen Gelten aber ausdrücklich für Neubauten aus heutigen Baustählen.

*Technische Regeln für die Begutachtung alter Materialien, wie sie zuletzt im Beiblatt 2-„Altstahl im Hochbau“ von 1948 zur DIN 1050 „Stahl im Hochbau“ verankert waren, sind zurückgezogen worden [Helmerich2005] .*

Deshalb muss der Ingenieur für die Bewertung von bestehenden Bauwerken alte Materialien, Bauweisen und Vorschriften kennen. Auch die Verkehrsinfrastruktur wird immer älter und somit erlangt die Prüfung von alten Bauwerken immer mehr an Bedeutung.

Für den Brückenbau wird heute im Allgemeinen eine empirische Lebensdauer von 100 Jahren angesetzt. Dieser Wert wurde aber erst mit der verbindlichen Einführung der DIN Fachberichte, hier speziell für Stahlbrücken maßgebend sind DIN Fb 101 „Einwirkung auf Brücken“ und DIN Fb 103 „Stahlbrücken“ im Mai 2003 greifbar. Vorher wurden dahingehend keine konkreten Aussagen getroffen, auch nicht in der DIN 1076 vgl. [Helmerich2005] .

#### **DIN Fb 101**

(5) P Für die Ermüdungsnachweise ist die Nutzungsdauer mit 100 Jahren anzunehmen. (vgl. DIN Fb 101, S. 73)[DINFb101]

#### **DIN Fb 103**

(2) P Solange nicht anders festgelegt, beträgt die Nutzungsdauer einer permanenten Brücke 100 Jahre. (vgl. DIN Fb 103, S. 17)[DINFb103]

## 2.2 Metallurgie

### 2.2.1 Geschichtlicher Abriss der Stahlherstellung

<u>Gusseisen</u>	<u>Schweiß- oder Puddelstahl</u> (Schweißeisen, Schmiedeeisen)	<u>Flussstahl</u> (Bessemer, Siemensmartin, Thomasverfahren)	<u>Flussstahl heute</u> (LD-Verfahren, Elektrostahlverfahren, Corex-Verfahren)
1735-1850	1826-1890	1890-1965/85	1965-Heute

Tabelle 2-1 Epochen der Stahleentwicklung

Vor 2000 Jahren können die ersten Eisenerzeugungen mit Hilfe des Rennofens in Mitteleuropa nachgewiesen werden. Eisen herzustellen war zum Anfang sehr beschwerlich und deswegen besaßen Gold und Silber zu bestimmten Zeiten annähernd den gleichen Wert. Vorrangig wurde das Metall für Waffen und Schmuck verwendet. Die Schachtöfen bestanden aus Lehm oder Steinen. Man kann sich deshalb vorstellen, dass aufgrund der mühevollen Prozedur nicht an den Bau von Brücken zu denken war vgl. [Nebel2009] .

Eisen in größeren Mengen, im sogenannten Hochofenverfahren herzustellen gelang erstmalig etwa 1735 in Coalbrookdale in England. Durch das Einsetzen von Koks statt Holzkohle konnte hier ein höherer Brennwert erzielt werden. Dieses erschmolzene Eisen hatte einen sehr hohen Kohlenstoffgehalt und es war nur möglich Gusseisen mit niedrigen Zähigkeitseigenschaften herzustellen. Zu den negativen Eigenarten des Gusseisens gehörte auch, dass es nur auf Druck hoch belastbar war und bei Zug oder Biegung erhöhte Versagensfälle auftraten. Die erste Eisenbrücke aus Gusseisen ist die bogenförmige Brücke in Coalbrookdale (Bild 2-1) die von 1776-1779 von Abraham Darby über den Severn gebaut wurde.

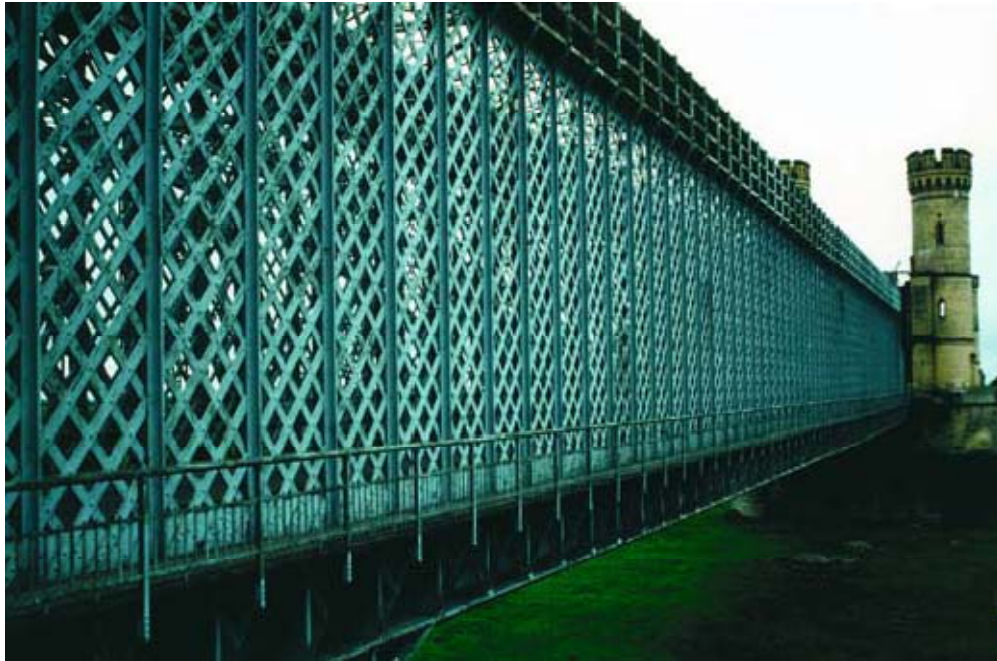


Bild 2-1 Brücke über Severn in Coalbrookdale 30m (1776-1779)

Sie besitzt eine Spannweite von 31m und ist noch heute als Fußgängerbrücke erhalten. Durch die Herstellung bedingt wurden die ersten Eisenbrücken in Deutschland wie in England in der Nähe der Hütten gebaut, wo auch das Material herstammte. Die erste Gusseisenbrücke in Deutschland entstand 1791 im Schlosspark von Wörlitz, die Brücke war eine kleinere Imitation der Iron Bridge (8 m Spannweite).

Mit dem Bau von Eisenbahnen begann auch der große Aufschwung des modernen Stahlbrückenbaus um 1825. Die fortschreitende technologische Entwicklung bei der Eisenherstellung machte es möglich, dass nach dem Puddelverfahren (1784 von Henry Cort) schmiedbares Eisen, das sogenannte Schweißisen, hergestellt werden konnte vgl.[Mehlhorn2007] . Der Name bezieht sich dabei auf die Herstellung und nicht auf das Schweißen. Der Stahl wird dabei im teigigen Zustand, unterhalb der Schmelztemperatur gewonnen. Mit diesem Stahl war es jetzt möglich Druck - wie auch Zugspannungen aufzunehmen. Er war trotz einiger Nachteile der am häufigsten verwendete Baustoff im deutschen Eisenbahnbrückenbau ca. 1891. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem Gusseisen ist die gute Verformbarkeit und Bearbeitbarkeit im erwärmten Zustand. Dies ermöglichte es Bleche zu walzen und somit Bauteile wie Träger und Eisenbahnschienen herzustellen. Auch Drähte konnten in Drahtziehwerken produziert werden vgl. [Schneider1996] .

Die industriemäßige Stab- und Formeisenherstellung war zu Beginn des 19. Jahrhunderts im Entstehen. Der Stahlbrückenbau verdrängte mit dem Bau von Balkenbrücken und seinen vielfältigen Vorteilen die Natursteinkonstruktionen. Als prägnanteste Pluspunkte sind das geringe Gewicht, die günstigeren Gründungskosten und eine verkürzte Bauzeit zu nennen. Man orientierte sich dabei stark am Schiffsbau. Da hinreichend bekannt war, dass eiserne Wasserfahrzeuge den stoßartigen Belastungen von See und Dampfmaschine stand hielten wollte man dies auf den Bau von Brücken übertragen. Durch Versuche bestätigt wurde das Material nun zum Hauptbaustoff. Die Dirschauer Weichselbrücke 1851-57 war die erste Brücke auf dem europäischen Kontinent nach dem Vorbild der Britannia-Eisenbahnbrücke aus Schmiedeeisen (Bild 2-2) vgl.[Mehlhorn2007] . Bei dieser Konstruktion wurden die alten Zimmermannsverbindungen durch den Einsatz der Niettechnik abgelöst. Außerdem ermöglichte die Einführung der Niettechnik in den Brückenbau das Verbinden der Stabstähle und somit das Herstellen leichter Fachwerkkonstruktionen vgl.[Nebel2009] .



**Bild 2-2 Dirschauer Weichselbrücke (1851-1867)**

Die Herstellung des ersten im flüssigen Zustand erzeugten Stahls, dem sogenannten Flussstahl, gelang Ende des 19. Jahrhunderts. Diese Erfindungen machten Sir Henry Bessemer 1855 (Bessemer Prozess / Windfrischverfahren), 1864 durch die Weiterentwicklung des Regenerativofenverfahrens von Pierre Emile Martin (Siemens Martin Verfahren / Herdfrischverfahren), welches im Ursprung von den Brüdern August Friedrich sowie Carl Wilhelm Siemens 1856 entwickelt wurde und 1879 durch Sidney Gilchrist Thomas (Thomas- Verfahren / Windfrischverfahren zur Herabsetzung des Phosphorgehalts durch Einblasen von Luft in die am Boden mit basischem Futter ausgekleidete Thomasbirne) vgl.[Mehlhorn2007] . Die Einführung dieses Flussstahls (Flusseisen) löste schnell das Schweißeisen ab. Der Aufschwung für die Stahlindustrie war sehr bedeutend. Die erste Brücke in Deutschland aus diesem Material war die Weichselbrücke in Fordon in Ost-Preußen, zur Hälfte aus Siemens Martin und Thomas Stahl 1891-93 (Bild 2-3).



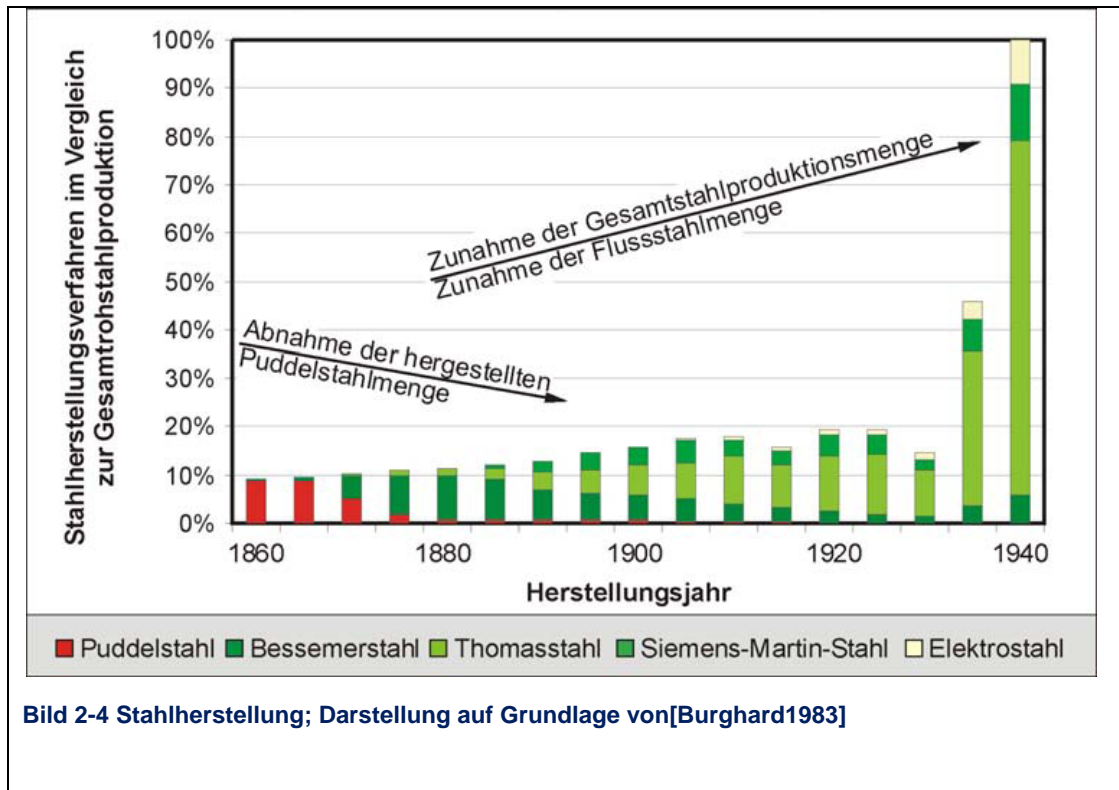


**Bild 2-3 Weichselbrücke in Fordon in Ost-Preußen (1891-93)**

Der Kohlenstoffanteil des Stahls liegt mit ca. 0,05-0,2% genau zwischen dem des Gusseisens und des Schmiedeeisens. Er vereint deshalb die Vorteile der vorangegangenen Eisensorten mit einer hohen Schlagfestigkeit, bei gleichzeitig guter Zähigkeit und Zugfestigkeit. Er wird daher bis heute als meistverwendetes Baumaterial eingesetzt vgl. [Schneider1996]. Ein weiterer Vorzug des Stahls ist seine Schweißbarkeit. Die Möglichkeit des einsetzen der Schweißtechnik reduziert die Herstellungszeit gegenüber dem Nieten oder Verbinden mit Bolzen enorm. Mit Vorlage der ersten „Richtlinie für die Ausführung und Abnahme geschweißter Stahlbauten“ im Oktober 1929 und einer anschließenden verbindlichen Einführung durch den Preußischen Minister für Volkswohlfahrt im Juli 1930 stand einem offiziellen Einsatz der Schweißtechnik nichts mehr im Weg. Im darauffolgenden Jahr, im Mai 1931 wurde die Richtlinie zum Normblatt DIN 4100 umgestaltet. Die erste elektrisch geschweißte Brücke entstand durch die Herstellung der Versuchsbrücke der Deutschen Reichsbahn im Jahre 1930. Die Brücke besaß eine Trägerhöhe von 920mm und eine Spannweite von 10m.

Alle diese Voraussetzungen machten das Bauen der zahlreich benötigten Eisenbahnbrücken aus Stahl erreichbar. Der deutliche Mehrbedarf an Eisenbahnbrücken ist mit der geringen zulässigen Steigung für den Schienenverkehr zu begründen. Da nur wenige Ingenieure mit dem Entwerfen und Konstruieren von eisernen Brücken vertraut waren, begannen die Eisenbahnverwaltungen Fachkräfte selbst auszubilden und an sich zu binden.

Ab Anfang der 20er Jahre, des 20. Jahrhunderts (1904 Elektrostahlherstellung) bis heute wurden die Reinheit und Festigkeitseigenschaften immer weiter verbessert, sei es durch die verbesserte Pfannenmetallurgie oder kombinierte thermomechanische Walzprozesse. Von einem Flussstahl mit heutigen mechanisch-technologischen und Schmelzanalysen-Eigenschaften kann man ab 1965 ausgehen.





### 2.2.2 Gusseisen

Das früher hergestellte Gusseisen weist einen hohen Grad an chemischen Unreinheiten wie z.B. P, S, O<sub>2</sub> auf. Außerdem kann es bedingt durch den Herstellungsprozess zu inneren Lunkern und Fehlstellen kommen.

Gusseisen ist eine Eisenlegierung mit einem hohen Anteil von Kohlenstoff (> 2 %) und Silicium (> 1,5 %). Weiterhin kann es Mangan, Chrom oder Nickel enthalten. Unterscheiden kann man graues Gusseisen /Grauguss (Kohlenstoff in Form von Graphit) und weißes Gusseisen (Kohlenstoff in Form von Zementit).

- Gusseisen besitzt eine Dichte von etwa 7,2 kg/dm<sup>3</sup>, die deutlich niedriger ist als die Dichte von Stahl und reinen Eisens mit 7,85 kg/dm<sup>3</sup>.
- Der E-Modul beträgt 80000 - 140000  $\frac{N}{mm^2}$ .

Gusseisen gibt es in verschiedenen Härtegraden, sie werden über den Kohlenstoffgehalt und das Zulegieren weiterer Elemente beeinflusst. Silizium hingegen gibt ihm eine weichere Eigenschaft, wogegen Phosphor und Schwefel zur Sprödigkeit beitragen. Das Material kann sehr hohe Druckkräfte, aber nur geringe Zug- sowie Biegespannungen ertragen und es ist schlagempfindlich.

Die Druckfestigkeit liegt etwa um den Faktor 4 höher als die Zugfestigkeit. Es ist deshalb für weitspannende oder verformungsintensive Konstruktionen nicht geeignet. Dafür kann eine Bearbeitung leicht durch feilen, bohren, hämmern und maschinelle Anwendungen erfolgen. Schweißen ist mit der entsprechenden Vorbereitung und dem richtigen Zusatzwerkstoff möglich, die Mehrzahl der Befestigungen wird aber durch Bolzen oder Schrauben sichergestellt. Die Schmelztemperatur liegt bei etwa 1150 °C und ist damit deutlich geringer als die von Stahl. Aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes kann es nicht durch schmieden geformt werden. Desweiteren besitzt das Material eine gute Formsteifigkeit. Bei unverletzter Gusshaut besteht eine gute Korrosionsbeständigkeit, die durch zulegieren von Silizium, Chrom und Nickel erhöht werden kann. Bei einem Schlag auf eine Kante darf das Material nicht abplatzen sondern muss eine bleibende Verformung erfahren, wenn es von hoher Qualität ist vgl.[Knoll2003] ,[BernsTheisen2008] .

### 2.2.3 Schweiß- oder Puddelstahl (Eisen-)

#### Charakterisierung

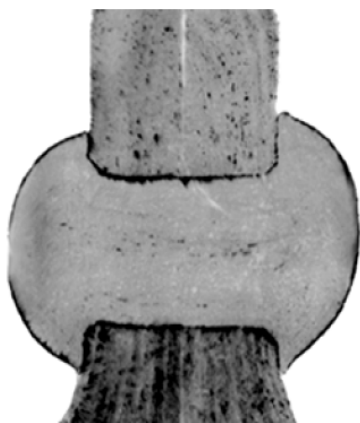
Das Puddelverfahren (auch Rührfrischen oder Flammofenfrischen) zur Eisenherstellung mit höherer Effektivität gegenüber dem traditionellen Herdfrischen.

Aufbau	Herstellung
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auf Steinkohlenfeuerung gegründet</li> <li>- Das Frischen des Roheisens geschieht entweder auf Herden (Herdfrischen) oder in Flammenöfen (Frischen in Flammenöfen oder Puddlingsfrischen, Puddeln.)</li> <li>- Der Unterschied zwischen beiden Methoden besteht wesentlich darin, dass beim Herdfrischen, welches das gewöhnlichste Verfahren in der Monarchie ist, das Brennmaterial (ausschließlich Holzkohle) in unmittelbare Berührung mit dem Roheisen kommt, während beim Puddeln nur die Flamme des Brennmaterials Zutritt zum Eisen hat.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aus flüssigen Roheisen durch umrühren an der Luft unter Zugabe von Eisenoxid gefrischt und im weichteiligen Zustand gewonnen</li> <li>- Roheisen über die Liquiduslinie erhitzt</li> <li>- Abführung des in der Schmelze befindlichen Kohlenstoffs durch den Vorgang des Frischens (<math>\text{FeC} + \text{O} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}</math>) hebt die Liquiduslinie</li> <li>- Wärmeleistung der fossilen Brennstoffe genügte nicht, um dieses Gemisch auf höhere Temperaturen aufzuheizen</li> <li>- Die Erhaltung des schmelzflüssigen Zustands wurde durch Rühren (engl.: rühren – to puddle) erreicht, so konnte der C-Gehalt weiter verringert werden</li> <li>- Schmelze wird weiterhin mit Luft versorgt</li> <li>- Schlacken mit geringerer Dichte lagert sich auf der Schmelze ab</li> <li>- Durch den Rührvorgang erfolgt erneut die Vermischung zwischen Schmelze und Schlacke</li> <li>- Da die Schmelze eine zähflüssige Konsistenz hat, kommt keine Ansammlung der Schlacke im oberen Bereich zustande</li> <li>- Durch Erhitzung auf Weißglut und Hämmern lässt sich sehniges in körniges Gefüge umwandeln</li> </ul>

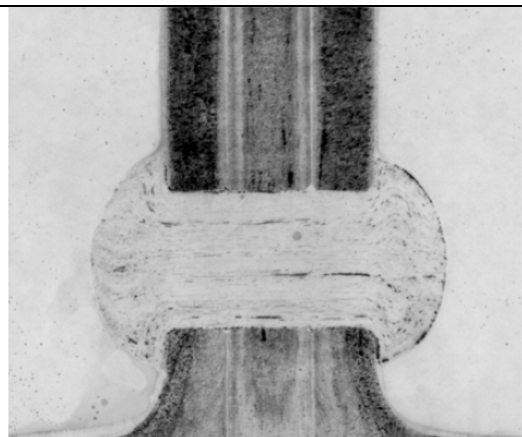
**Eigenschaften und Weiterverarbeitung**

- Der so entstandene Stahl hat einen geringen C- Gehalt und weist in den Luppen Schlackenzeilen auf
- Phosphor, Schwefel und Stickstoff wurden unzureichend abgeführt
- Er besitzt ein ferritisches Gefüge mit sehr geringen Anteil an Perlit
- Schlackenzeilen wurden durch das weitere Verarbeiten mit Schmiedehämmern teilweise ausgetrieben
- Schlackengehalt von 0,17% bis 2% möglich
- Walzvorgang gibt Schlackenzeilen einen bestimmte Richtung
- Längs zur Walzrichtung Schlackenzeilen, dadurch quer zur Walzrichtung schlechtere Festigkeitseigenschaften
- Puddelstahl relativ ermüdungsempfindlich aber korrosionsbeständiger als heutige Baustähle
- Das Material ist demzufolge schmiedbar, auf Zug belastbar und elastisch.

Durch Anätzen einer glatten Fläche (Baumannabdruck) mit Säuren können die Schlackeneinlagerungen sichtbar gemacht werden, wodurch eine Unterscheidung des Schweißeisens von Flusseisen ermöglicht wird siehe (Bild 2-5 und Bild 2-6).



**Bild 2-5 Querschnitt einer genieteten Schweißeisenverbindung, Baumannabdruck (Spreebrücke Berlin-Mitte 1882) [Helmerich2005]**



**Bild 2-6 Querschnitt eines genieteten Walzprofils aus unberuhigtem Flusseisen, Baumannabdruck (Lausitzer Platz 1900) [Helmerich2005]**

Den inneren Aufbau kann man in sehniges und körniges Schweiß Eisen unterscheiden. Fasern oder Sehnen entstehen bei der Verschiebung der Kristalle und finden beim Walzen statt, siehe (Bild 2-7 und Bild 2-8).



Kohlenstoff- und phosphorreiches Eisen nehmen kein sehniges Gefüge an, es kann infolgedessen aus dem Vorhandensein eines sehnigen Gefüges auf leichte Schmiedbarkeit, Schweißbarkeit und auf Zähigkeit der betreffenden Eisensorte geschlossen werden vgl. [Lüger1910] .

### Chemische Zusammensetzung

Bild 2-9 zeigt die statistischen Angaben der chemischen Konzentrationen der Begleitelemente.

Statistische Kennwerte	Kohlenstoff C in Gew.-%	Silizium Si in Gew.-%	Phosphor P in Gew.-%	Schwefel S in Gew.-%	Stickstoff N in Gew.-%
n [-]	102	102	102	102	102
<b>m</b>	<b>0,025</b>	<b>0,147</b>	<b>0,396</b>	<b>0,061</b>	<b>0,009</b>
<b>s</b>	<b>0,022</b>	<b>0,048</b>	<b>0,113</b>	<b>0,036</b>	<b>0,007</b>
v in %	88,0	32,6	28,5	59,0	77,7
Minimum	0,001	0,120	0,179	0,023	0,001
Maximum	0,091	2,830	0,650	0,135	0,026

**Bild 2-9 Chemische Zusammensetzung von Puddelstahl (n Stichprobenanzahl, m Mittelwert, s Streuung) [Lüddecke2006]**

Hierbei steht „n“ für die Stichprobenanzahl, „m“ für das arithmetische Mittel, „s“ für die Standardabweichung und „v“ für den Variationskoeffizient. Der Puddelstahl wird durch einen herstellungsbedingt niedrigen Kohlenstoffgehalt charakterisiert. Die mittleren Gehalte an Phosphor, Schwefel und Stickstoff übersteigen die Grenzen der heutigen zulässigen Werte für Baustahl, wie sie beispielsweise in der [DIN10025] angegeben sind. Analysen der chemischen Verteilung der Begleitelemente erfolgt beim Puddelstahl mit dem nasschemischen Verfahren.

Dies ist erforderlich, weil bei der Funkenemissionsspektroskopie verfälschte Ergebnisse durch unterschiedlich starkes Anschmelzen von Stahl und Schlackenzeilen erfolgt. Dabei geben die Analysewerte deren Gehalt an Begleitelementen mit an vgl.[Lüddecke2006] .

### Mechanisch-technologische Eigenschaften

$R_{eH}$	Streckgrenze	$A_5$	Brucheinschnürung
$R_m$	Zugfestigkeit	Z	Bruchzähigkeit

Statistische Kennwerte	$R_{eH}$ in N/mm <sup>2</sup>	$R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	$A_5$ in %	Z in %
n [–]	200	219	121	98
<b>m</b>	<b>244</b>	<b>361</b>	<b>22,5</b>	<b>29</b>
<b>s</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>6,0</b>	<b>9,5</b>
v in %	10,5	7,9	27,7	32,7
Minimum	177	235	5,7	5,9
Maximum	307	426	34,4	53,1

**Bild 2-10 Mechanische Eigenschaften von Puddelstahl längs zur Walzrichtung [Reiche2000]**

### 2.2.4 Flußstahl

#### Charakterisierung

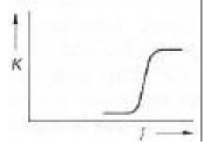
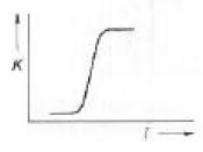
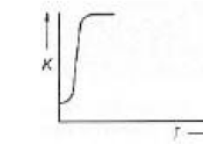
Bessemer-Verfahren 1855	Thomas-Verfahren 1878	Siemens Martin-Verfahren 1869
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schmelzen des Roheisens im Flammofen</li> <li>- Weiterverarbeitung des Stahls im vorgewärmten Konverter (Bessemerbirne sauer ausgekleidet)</li> <li>- Einblasen von Sauerstoff im unteren Bereich (Frischen) erhöht den Abbrand der Begleitelemente</li> <li>- Reproduzierbare Eigenschaften</li> <li>- Richtungsunabhängige Eigenschaften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weiterentwicklung des Bessemer-Verfahren durch Auskleidung des Konverters mit gebrannten Kalk</li> <li>- Kalk bindet Phosphor, reagiert aber nicht mit dem Stahl</li> <li>- Geringe Konzentration an Silizium, Kohlenstoff und Mangan durch die schnelle Verbrennung</li> <li>- Frischung erfolgt beim Bessemer- wie beim Thomasverfahren durch Luft, dadurch haben beide einen hohen Stickstoffgehalt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorwärmung der zum Frischen benötigten Luft und der zum Brennen benötigten Gase bringt Temperaturen bis 1700°C</li> <li>- Verarbeitung von Schrott möglich</li> <li>- Konverter wurden anfänglich sauer, später basisch ausgekleidet</li> <li>- Verlängerter Frischvorgang von 5 bis 8 Stunden, damit kann die Schmelze metallurgisch beeinflusst werden</li> <li>- Hochwertige und homogene Blöcke</li> <li>- P Gehalt max. 0,03 %</li> <li>- N Gehalt max. 0,008 %</li> <li>- Gute Kaltumform- und Alterungsbeständigkeit</li> <li>- Erhöhter Schwefelgehalt durch bei der Regenerativfeuerung in den Ofenraum gelangenden Schwefeloxide</li> </ul>

Vgl. [Lüddecke2006]

## Metallurgische Besonderheiten

### Seigerungen

Bei den vorangegangenen genannten Flusstählen handelt sich um unberuhigt vergossenen Stähle.

Merkmale	Vergießungsart		
	unberuhigt FU (alte Bez.: U)	beruhigt FN (alte Bez.: R)	besonders beruhigt FF (alte Bez.: RR)
chemische Zusammensetzung	Si: Spuren Mn: 0,2-0,4% C <sub>max</sub> : 0,25 %	Si: 0,1-0,4 % Mn: 0,2-0,6 %	Si: 0,1-0,4 % Mn: 0,2-0,6 % Al <sub>metallisch</sub> : > 0,02 %
wichtige Reaktionen	FeO+C→CO+Fe FeS+Mn→MnS+Fe FeO+Mn→MnO+Fe	FeS+Mn→MnS+Fe 2FeO+Si→SiO <sub>2</sub> +2Fe	FeS+Mn→MnS+Fe 2FeO+Si→SiO <sub>2</sub> +2Fe 3FeO+2Al→Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +3Fe FeN+Al→AlN+Fe
Ausmaß der Blockseigerung	stark	gering	gering
Lunkerbildung	keine	ausgeprägt	ausgeprägt
Alterungsanfälligkeit	groß	geringer	am geringsten
Schweißbeignung;	Speckschicht: gut Kern: sehr schlecht	besser	am besten
Kerbschlagarbeit			

**Bild 2-11 Übersicht Vergießungsarten [Bargel1999]**

Dies bedeutet, dass der in der Schmelze vorhandene Sauerstoff, da er nicht durch weitere Legierungselemente wie Al, Si, Mg gebunden wird, zu einem Ansteigen von Kohlenmonoxid führt. Der Vorgang bedingt ein brodeln der Oberfläche und nicht mehr entweichende eingeschlossene Kohlenmonoxid-Gasblasen können zu sogenannten Seigerungen führen. Im Profilquerschnitt treten erhöhte Konzentrationsunterschiede der chemischen Begleitelemente auf. Die äußeren Bereiche der Speckschichten sind aufgrund der geringen Konzentration an Stahlschädlingen für die Schweißung prädestiniert. Seigerungen hingegen sind Bereiche, die bei der Erstarrung von Legierungen entstehende und eine Ansammlung von nicht erwünschten Begleitelementen zur Folge haben. Ihre Lage ist durch das Walzen im Inneren der Profile konzentriert. Die Häufigkeit des Vorkommens und die Lage der geseigerten Bereiche werden von folgenden Einflussfaktoren der Stahlherstellung bestimmt.

<ul style="list-style-type: none"> <li>· Blockformat</li> <li>· Blockgröße</li> <li>· Kokillengestaltung</li> <li>· Gießüberhitzung</li> <li>· Legierungsgehalt</li> </ul>	
--	--

Die Konzentrationsunterschiede zwischen Seigerungszone und Speckschicht können dem Bild 2-12 entnommen werden.

	Kohlenstoff C in Gew.-%	Phosphor P in Gew.-%	Schwefel S in Gew.-%
Gesamtquerschnitt	0,04	0,07	0,05
Randzone (Speckschicht)	0,04	0,04	0,02
Seigerungszone	0,06	0,20	0,12

**Bild 2-12 Konzentrationsunterschiede zwischen Seigerungszone und Speckschicht [Ruge1991]**

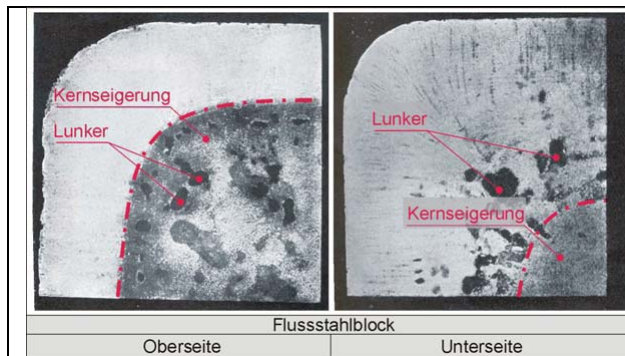
*Der Verteilungskoeffizient  $k_0$  wird beim Erstarren des Gefüges ermittelt. Nach [Eckstein1971] ist  $k_0$  als Verhältnis der Konzentration des betrachteten Begleitelements im festen Zustand zu der Konzentration im flüssigen Zustand definiert. Je kleiner der Wert von  $k_0$ , umso größer ist die Neigung zum Seigern. [Lüddecke2006].*

Element	Kohlenstoff C in %	Silizium Si in %	Phosphor P in %	Schwefel S in %	Stickstoff N in %
$k_0$	30	50	6	5	28

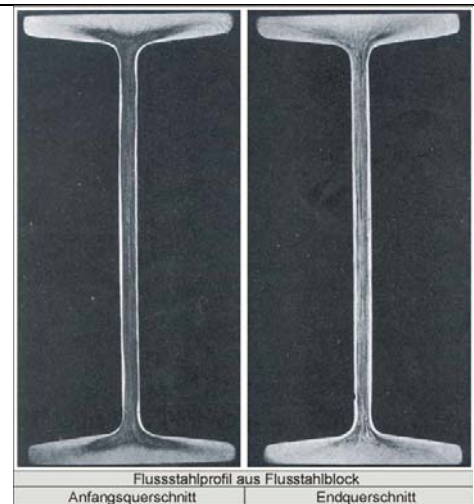
**Bild 2-13 Verteilungskoeffizient  $k_0$  der ausgewählten Begleitelemente [Eckstein1971]**

Lunker sind nach der Kalibrierung aufgrund der Verschweißung während des Walzvorgangs nicht mehr erkennbar. Dies war schon Ende des 19. Jahrhunderts bekannt. In Bild 2-14 und Bild 2-15. sind einige Seigerungen dargestellt.





**Bild 2-14 Seigerung im Block mit erkennbaren Lunkern – vor dem Kalibrieren [Heyn1906]**



**Bild 2-15 Seigerung im Profil nach dem Kalibrieren [Heyn1906]**

### Hohlräume

Die Entstehung erfolgt im Block, durch das bei der Abkühlung stattfindende zusammenziehen des Werkstoffes oder sie können in Form von Gasblasen vorliegen. Diese Gasblasen sind auf die geringere Löslichkeit von Gasen bei der Temperaturabnahme zurückzuführen.

*Insbesondere Stickstoff, Wasserstoff sowie Sauerstoff scheiden sich in Verbindung mit Kohlenstoff gasförmig aus. Diese für die unberuhigte Vergießung typische Reaktion, auch als Kochen bezeichnet, wird durch die Zugabe von Aluminium, Mangan und Silizium beim beruhigt vergossenem Stahl verhindert. Ein Teil der Gasblasen, insbesondere mit reduzierenden Gasen, verschweift während des weiteren Profilstahlherstellungsprozesses. Die Anzahl der Materialtrennungen wird dadurch stark verringert [Lüddecke2006] .*

Maßnahmen zur Vermeidung von Lunkern und Hohlräumen	
Beeinflussung des Erstarrungsvorgangs	mechanische Verfahren
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verringerung des Temperaturgradienten zwischen Blockrand und Blockmitte</li> <li>- Minderung der Erstarrungszeit</li> <li>- Wahl der Gießgeschwindigkeit</li> <li>- Verringerung der Gießtemperatur</li> <li>- Form der Kokille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollständige Verdichtung des Blockes unter Zuhilfenahme von hydraulischen Pressen</li> <li>- Verdichten des Stahls während des Walzens</li> </ul>

vgl. [Lüddecke2006]

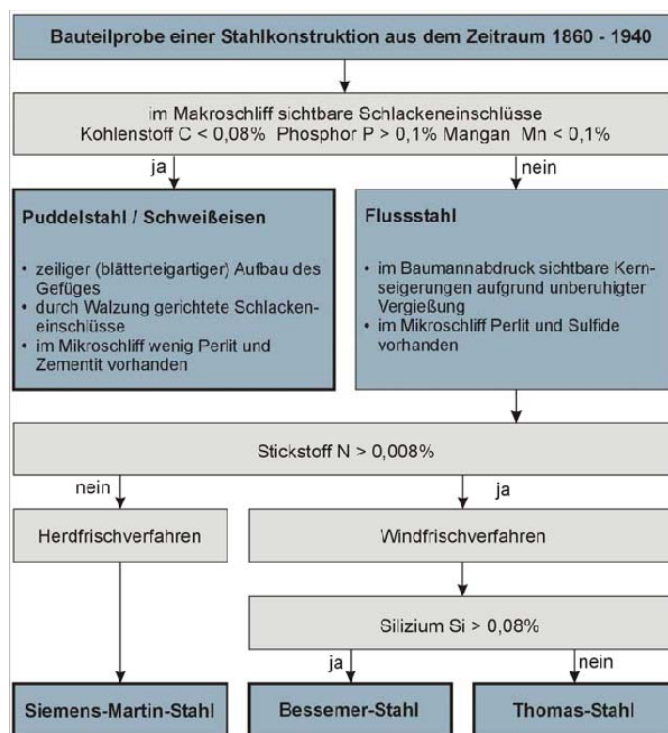
### Chemische Zusammensetzung

Der Flussstahl besteht aus einem ferritisch-perlitischem Gefüge. Die statistischen Angaben der chemischen Konzentrationen der Begleitelemente sind nach [Reiche2000] in (Bild 2-16) zusammengefasst. Als Verteilungsform wurde die Gauß-Normalverteilung verwendet.

Statistische Kennwerte	Kohlenstoff C in Gew.-%	Silizium Si in Gew.-%	Phosphor P in Gew.-%	Schwefel S in Gew.-%	Stickstoff N in Gew.-%
n [-]	290	290	290	290	290
<b>m</b>	<b>0,070</b>	<b>0,020</b>	<b>0,043</b>	<b>0,042</b>	<b>0,010</b>
<b>s</b>	<b>0,047</b>	<b>0,034</b>	<b>0,019</b>	<b>0,019</b>	<b>0,008</b>
v in %	67,1	170,0	44,2	45,2	80,0
Minimum	0,010	0,001	0,001	0,011	0,001
Maximum	0,215	0,170	0,092	0,094	0,061

**Bild 2-16 Chemische Zusammensetzung von Flussstahl (n Stichprobenzahl, m Mittelwert, s Streuung) [Reiche2000]**

Um die vorangegangenen Vertreter der Stahlsorten unterscheiden zu können ist in Bild 2-17 ein Gliederungsdiagramm dargestellt. Die Übersicht soll eine einfache Zuordnung der Stähle anhand der chemischen Zusammensetzung ermöglichen. Die Zuordnung des Herstellungsverfahrens stammt aus Grundlage der Dissertation nach [Langenberg1996] .



**Bild 2-17 Klassifizierungshilfe für Flussstähle [Langenberg1996]**

Da die Flusstahlproben in Flanschmitte analysiert worden sind ist klar, dass die angegebenen Kennwerte der chemischen Konzentrationen repräsentativ für den Seigerungsbereich stehen und nicht für die Speckschichten.

### **Mechanisch- Technologische Eigenschaften**

$R_{eH}$	Streckgrenze	$A_5$	Brucheinschnürung
$R_m$	Zugfestigkeit	Z	Bruchzähigkeit

Statistische Kennwerte	$R_{eH}$ in N/mm <sup>2</sup>	$R_m$ in N/mm <sup>2</sup>	$A_5$ in %	Z in %
n [-]	535	557	148	128
<b>m</b>	<b>290</b>	<b>395</b>	<b>35,1</b>	<b>70,7</b>
<b>s</b>	<b>43</b>	<b>50</b>	<b>6,0</b>	<b>6,1</b>
v [in %]	14,1	12,6	16,2	8,6
Minimum	163	217	10,5	44,2
Maximum	422	513	49,3	88,6

**Bild 2-18 Mechanische Eigenschaften von Flusstahl längs zur Walzrichtung (n Stichprobenzahl, m Mittelwert, s Streuung) [Mehdianpour2003]**

### 2.2.5 Flußstahl heute und Fazit

Der Flußstahl heute repräsentiert die Baustähle, die nach derzeitig gültigen Normen für den Bau von Stahltragwerken Verwendung finden siehe [DIN10025] .

<b>S235JR FN</b> <b>DIN EN 10025</b>				
Kohlenstoff C in Gew.-%	Silizium Si in Gew.-%	Phosphor P in Gew.-%	Schwefel S in Gew.-%	Stickstoff N in Gew.-%
<0,17	k. A.	<0,030	<0,030	<0,012

**Tabelle 2-2 Zulässige Chemische Schmelzanalyse für Baustahl S235JR FN**

Bei der Puddelstahlherstellung war die Qualität noch zu einem hohen Anteil von der Handfertigkeit des Puddlers abhängig. Daher war hier mit hohen Inhomogenitäten zu rechnen. Dies zeigte sich nicht nur in der Streuung der mechanischen Kennwerte, sondern auch durch die ausgeprägte Anisotropie der Belastungsrichtungen.

Mit dem Beginn der automatisierten Flusssstahlherstellung durch das Bessemer-Verfahren sank der Puddelstahlanteil kontinuierlich. Das Bessemer-Verfahren verzeichnet seine Hauptnutzungszeit um 1880, danach ist ein Abfall erkennbar, der von den schlechteren Materialeigenschaften herrührt. Durch die verbesserten mechanisch-technologischen Eigenschaften des Siemens-Martin-Stahls verdrängte dieser etwa um 1910 den Thomas-Stahl. Die Anwendung von Puddelstahl kann für den Stahlbrückenbau etwa bis 1900 angegeben werden, die des Hochbaus dagegen bis ins Jahr 1908. Der Unterschied lässt sich mit den hohen geforderten Qualitäten der Stahlsorten für den Brückenbau, gegenüber denen des allgemeinen Hochbaus erklären. Durch die Weiterentwicklung der Metallurgie konnten die Eigenschaften der Stahlsorten und auch die Walzprozesse durch Legierungselemente oder veränderte Ansätze der Parameter optimiert werden. Dies zeigte sich daran, dass Doppelungen sowie Maßnahmen zur Vermeidung bereits bekannt waren. Außerdem wurden die produzierten Halbzeuge während der Herstellung stichprobenartig untersucht und am Ende auf ihre Eigenschaften geprüft. Große Abweichungen sind dadurch nicht zu vermuten. Es ist von einem Produkt mit verhältnismäßig hochwertigen Qualitätsmerkmalen auszugehen. Dies traf für Halbzeuge aus Puddelstahl nicht zu.

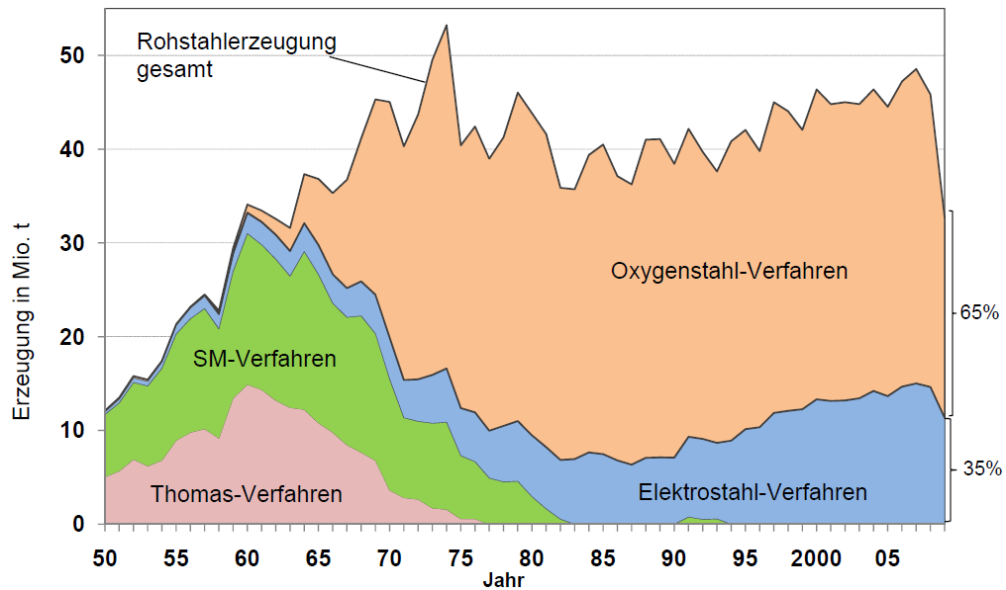


Bild 2-19 Rohstahlerzeugung in Deutschland nach Verfahren [Stahl2010]

Historische (Profil-) Stähle nach der Herstellung	Statistische Kennwerte $\bar{x}$ zum Legierungsgehalt in Masse-%					
	C	Si	Mn	P	S	N
Puddelstahl – im Mittel	0,025	0,147	0,213	0,396	0,061	0,009
Flussstahl – im Mittel	0,070	0,020	0,471	0,043	0,042	0,010
Flussstahl – Bessemer Verfahren	0,094	0,101	0,491	0,047	0,047	0,014
Flussstahl – Thomas Verfahren	0,048	0,009	0,462	0,051	0,044	0,014
Flussstahl – Siemens Martin Verf.	0,090	0,008	0,477	0,035	0,038	0,005
<b>zum Vergleich heutiger unlegierter Baustahl S235 nach der Stückanalyse</b>						
DIN EN 10025: 1990						
S235JRG2 – t ≤ 40 mm	0,190	–	1,500	0,055	0,055	0,011
S235JRG2 – t > 40 mm	0,230	–	1,500	0,055	0,055	0,011

Bild 2-20 Übersicht Chemische Zusammensetzung von Altstahl [Blum2005]

### Protokoll der Analyse zur chemischen Zusammensetzung

Verfahren: Vakuumemissionsspektroskopie nach DIN 51009

Gerätetechnik: Optisches Emissionsspektrometer „GVM-514S“

Referenzprobe: BAM 187-1

Soll-Werkstoff: unbekannt

Element	Ist in [%] Brücke 1; Probe 1	Ist in [%] Brücke 1; Probe 2
C	0,099	0,107
Si	0,003	0,008
Mn	0,550	0,5
P	0,0407	0,077
S	0,0311	0,0428
Cr	0,018	0,018
Ni	0,058	0,045
Mo	0	0
Cu	0,0251	0,152
Co	0,02	0,02
V	0	0
W	0	0
Al	0,0011	0,0026
Ti	0	0
Nb	0,001	0,001
B	0,0012	0,0019
Sn	0,001	0,02
Pb	0	0
Ca	0	0
As	0,056	0,05
Angaben in Masse%		

Aufgrund der Überprüfung der chemischen Zusammensetzung kann von den festgestellten Werten an C, Si und P der Puddelstahl ausgeschlossen werden. Im Hinblick auf das Baujahr handelt es sich demzufolge um einen frühzeitigen Flusstahl. Das Bessemer Verfahren kommt wegen der erhöhten Anteile an Si und N nicht in Frage. Als Herstellungsverfahren kann mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund der Werte von C und S das Siemens-Martin Verfahren benannt werden. Um es noch genauer zu beziffern müsste eine chemische Nassanalyse des Stickstoffgehaltes durchgeführt werden.

Weiterhin kann mit Bestimmtheit festgehalten werden, dass es sich um einen unberuhigt vergossenen Stahl handelt. Indikatoren für diese Feststellung sind die Anteile an Si, Mn und Al.

Merkmale	Vergießungsart		
	unberuhigt FU (alte Bez.: U)	beruhigt FN (alte Bez.: R)	besonders beruhigt FF (alte Bez.: RR)
chemische Zusammensetzung	Si: Spuren Mn: 0,2-0,4% C <sub>max</sub> : 0,25 %	Si: 0,1-0,4 % Mn: 0,2-0,6 %	Si: 0,1-0,4 % Mn: 0,2-0,6 % Al <sub>metallisch</sub> : > 0,02 %

**Bild 2-21 Grenzgehalte für Vergießungsarten [Bargel1999]**

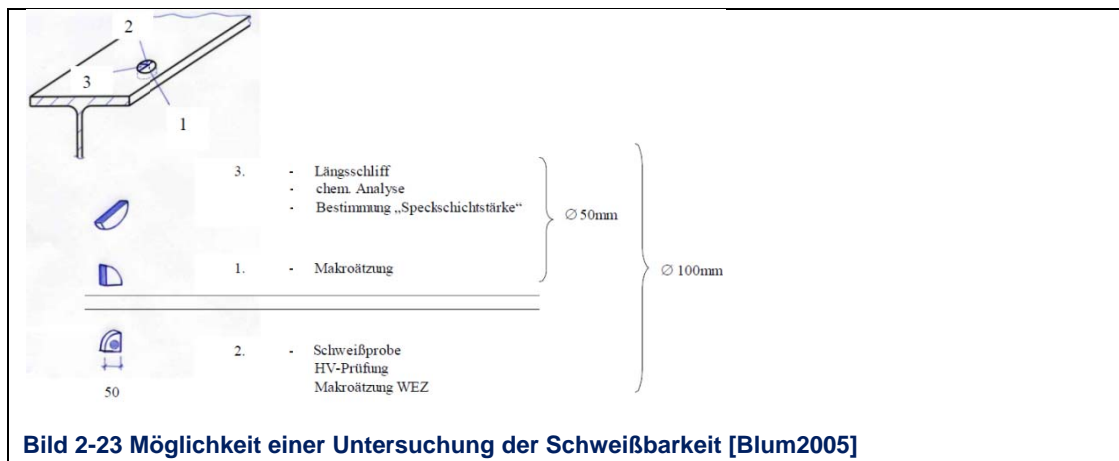
Eine prinzipielle Schweißbeignung aufgrund des Kohlenstoffgehaltes von unter 0,22% in der Speckschicht wäre für diesen unlegierten Stahl möglich, jedoch sind aufgrund der Streuung der chemischen Eigenschaften und der möglichen Seigerungszone genauere Untersuchungen notwendig. Auch das Kohlenstoffäquivalent von 0,21%, welches deutlich unter dem Grenzwert von 0,4% liegt und Auskunft über die Kaltrissempfindlichkeit geben kann ändert daran nichts.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

$$CEV = 0,107 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,018 + 0 + 0}{5} + \frac{0,152 + 0,045}{15} = 0,21$$

**Bild 2-22 Ermittlung des Kohlenstoffäquivalentes nach IIW (Internationales Schweißinstitut)**

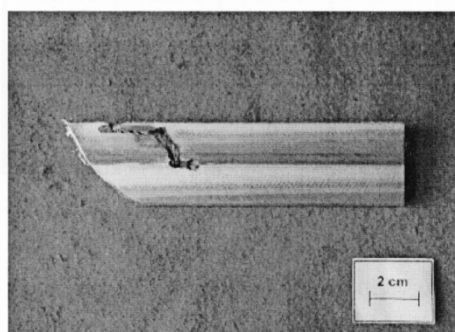
Für eine Freigabe der Schweißbeignung müsste mindestens die dicke Speckschicht von dem Ort an dem die Schweißung stattfinden soll festgestellt werden und eine Schweißprobe mit Untersuchung erfolgen.



**Bild 2-23 Möglichkeit einer Untersuchung der Schweißbarkeit [Blum2005]**

Desweiteren sind bei der Aufbereitung der Zugprobe Einschlüsse festgestellt worden, die eine pauschale Freigabe der Schweißbeignung nicht zulassen.

Probe: Brücke 1 – Probe 3  
Teststandard: DIN EN 10002  
Maschinentyp: Inspekt retrofit 100kN MFX  
Kraftmesszelle: 100000N  
Testgeschwindigkeiten: ab 0s 0,1%/s  
ab R/vi 0,1%/s



Makrodokumentation Materialfehler  
Einschluss  
Abschnitt Brücke 1 – Probe 3  
FujiFilm Finepix 6900Zoom; ImageC



#### Ergebnisse des Zugversuches:

Name	a [mm]	b [mm]	L0 [mm]	S0 [mm]	Rm [MPa]	E [Gpa]	Fmax [kN]	A [%]	Rp0,2 [N7mm <sup>2</sup> ]	Ag [%]
Test 1	2,88	8,15	30,00	23,47	390,15	175,70	9,20	25,30	279,00	18,20

#### Ergebnisse der Härteprüfung

Element	Ist in [%] Brücke 1 Probe 1	Ist in [%] Brücke 1 Probe 2
HV 10 Wert 1	124	138
HV 10 Wert 2	123	133
HV 10 Wert 3	124	135
Mittelwert HV 10	124	135
Umwertung in Rm in N/mm <sup>2</sup>	397	430
Umwertung nach DIN Iso 18265; Tabelle A1		

In Anbetracht des im Bauwesen aktuell angewandten Sicherheitskonzeptes und dem damit verbundenen 5%- Fraktile Wert, wird eine charakteristische Streckgrenze von 210 N/mm<sup>2</sup> für die statischen Berechnungen zugrunde gelegt.

Gaußsche Normalverteilung	
$\chi_{5\%} = m_x - \kappa_p \cdot \sigma_x$ $\chi_{5\%} = 279 \frac{N}{mm^2} - 1,645 \cdot 43 \frac{N}{mm^2}$ $\chi_{5\%} \approx 210 \frac{N}{mm^2}$	$m_x = \text{Mittelwert} = 279 \frac{N}{mm^2}$ $\sigma_x = 43 \frac{N}{mm^2}$ $\kappa_p = 5\% \text{ Fraktile Wert} = 1,645$

Da der Zustand des Tragwerkes eine genauere Berücksichtigung von Abrostungserscheinungen nicht nötig macht wird die Streckgrenze pauschal für örtlich erkannte Schäden um 5% reduziert. Damit ergibt sich für die weiteren Rechnungen ein charakteristischer Streckgrenzenwert von 200 N/mm<sup>2</sup>. Der E-Modul wurde mit 175000 N/mm<sup>2</sup> ermittelt und die mittlere Zugfestigkeit mit 390 N/mm<sup>2</sup> bestimmt.



## 2.3 Erläuterung maßgeblicher Normen

Für die Bewertung einer Brückenprüfung sollte der Ingenieur eine Vielzahl von Normen kennen, die er für seine Ausübung heranziehen kann. Noch wichtiger aber ist es den grundlegenden Inhalt der Basisnormen, die am häufigsten verwendet werden und wurden zu kennen. Um dem Betrachter einen Überblick über die wichtigsten Inhalte zu geben, werden anschließend aktuell die wichtigsten dieser Normen vorgestellt.

- DIN 1076      Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen  
                  (Überwachung und Prüfung)[DIN1076]
- DIN 1072      Straßen- und Wegbrücken (Lastannahmen) [DIN1072]
- DIN 18809     Stählerne Straßen- und Wegebrücken (Bemessung, Konstruktion,  
                  Herstellung) [DIN18809]

Diese Auswahl der Normen wurde auf der Grundlage von Bestandsuntersuchungen älterer Brücken ausgewählt, da diese noch nicht nach den neuen DIN Fachberichten erarbeitet und berechnet wurden.

Auf weitere in dieser Arbeit verwendete Normen wird an den entsprechenden Stellen hingewiesen.

### 2.3.1 Konzentrierter Überblick DIN 1076

Wie im Vorangegangenen angesprochen ist die DIN 1076 „Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen“ (Überwachung und Prüfung) mit einer der wichtigsten Normen um Brücken zu prüfen sowie zu überwachen. Deshalb ist es unumgänglich die Arbeitsweisen dieser Vorschrift genauer zu beleuchten und zu hinterfragen, was nun in diesem Abschnitt geschehen soll.

Allgemein zitiert sich die Aufgabe der Norm mit der Prüfung und Überwachung von Bauwerken im Zuge von Straßen und Wegen hinsichtlich ihrer **Standssicherheit, Verkehrssicherheit, und Dauerhaftigkeit**. Der Zweck ist es, Mängel und Schäden die die genannten Sicherheiten beeinflussen, präventiv zu diagnostizieren und den zuständigen Stellen zu melden. Der zur Überprüfung eingesetzte Ingenieur muss die Mängel sowie die Maßnahmen zur Beseitigung dieser im Bauwerksbuch dokumentieren und die daraus erforderliche Prüfungsanweisung, gegeben falls neu ausarbeiten und hinzufügen.

In den Grundlagen des Bauwerksbuchs heißt es, nach DIN 1076 ist für jedes Bauwerk ein Bauwerksbuch anzulegen, in dem die wichtigsten Daten des Bauwerkes festgehalten werden. Das Bauwerksbuch wird laufend mit allen wichtigen Informationen und Dokumenten (z.B. Bauwerksprüfungen und der Dokumentation von Umbauten) in einer Bauwerksakte fortgeführt. Die Bauwerksakte stellt somit die "Geschichte" eines Bauwerks dar und soll alle nötige Fakten für die Erhaltung und laufende Bearbeitung des Ingenieurbauwerks enthalten.

Steht zur Erstellung des Bauwerksbuches keine Straßendatenbank zur Verfügung, darf weiterhin das Bauwerksbuch nach DIN 1076, Ausgabe März 1983, angewandt werden.

Die ASB-ING (Anweisung Straßeninformationsbank – Teilsystem Bauwerksdaten) ist die Stilistische Grundlage und gibt den Umfang der für die Erfassung und Verwaltung geforderten Bauwerksdaten an. Sie wird von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) auch in Verbindung mit der Richtlinie RI-EBW-PRÜF herausgegeben. Im Zuge einer Bauwerksprüfung wird jeder Schaden bezüglich der Standsicherheit, der Verkehrssicherheit und der Dauerhaftigkeit beurteilt. Es werden alle festgestellten Schäden erfasst. Empfehlungen (Notwendigkeit einer Verkehrsraumeinschränkung, einer statischen Nachrechnung, einzuleitende Maßnahmen usw.) werden ausgesprochen und es wird automatisch eine Zustandsnote je Teilbauwerk ermittelt.

Die Ergebnisse einer Bauwerksprüfung (Prüfungsdaten, Schadensdaten und Empfehlungen) sind Teil der Bauwerksdaten. Unterschieden werden die Daten dabei in 2 Ausfachungen:

- **Veränderliche Daten:**

Im Bereich des „Bauwerkszustandes“ wird anhand der aktuellen Schadensdaten und der daraus abgeleiteten Empfehlungen der gegenwärtige Zustand des Bauwerkes dokumentiert. Diese Daten können jederzeit (z.B. nach Instandsetzungen oder Unterhaltungsarbeiten) innerhalb der Bauwerksdaten geändert werden.

- **Nicht veränderliche Daten:**

Im Bereich der „Abgeschlossenen Prüfungen“ wird anhand von Prüfungsdaten, Schadensdaten und der daraus abgeleiteten Empfehlungen, der Zustand zum Zeitpunkt einer Prüfung dokumentiert. Diese Daten können nicht mehr geändert werden.

Zur Hilfestellung, Vereinfachung der Übertragung und zum Zentralisieren der Daten bietet sich das Management-Programm SIB-Bauwerke an welches in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen von Bund und Ländern (BASt) erarbeitet und genutzt wird.

Das Bauwerksverzeichnis, welches von den zuständigen Stellen (z.B. Landratsämtern) für die im Bereich der Infrastruktur liegenden Ingenieur-Bauwerke erstellt wird, sollte ein Mindestmaß an Informationen bereitstellen. Darunter zählen Bauwerksnummer, Baulastträger, Stationsangabe (Lage der Brücke), nächstgelegener Ort, Bauwerksart (Bogen-, Platten-, Gewölbebrücke), Hauptabmessungen, Tragfähigkeit und Unterhaltungspflicht der Brücke. Das Verzeichnis soll einen Überblick über alle für die Verkehrssicherheit wichtigen Ingenieurbauwerke in einem Straßenzug und ihn kreuzende möglich machen.

Die Definition einer Brücke wird laut DIN 1076 folgendermaßen beschrieben: „Brücken sind Überführungen eines Verkehrsweges über einen anderen Verkehrsweg, über ein Gewässer oder tieferliegendes Gelände, wenn ihre lichte Weite rechtwinklig zwischen den Widerlagern gemessen **2,00m** oder mehr beträgt“. Dieser Passus ist jedoch auch auf kleinere synonyme Bauwerke zu übertragen. Außerdem gehören Verkehrszeichenbrücken, Tunnel, Trogbauwerke, Stützbauwerke, Lärmschutzbauwerke und sonstige Ingenieurbauwerke dazu.

Laut Norm wird zwischen Bauwerksprüfung und Bauwerksüberwachung unterschieden.

Die Prüfung der Brücken wird in verschiedene Klassen, nach der Art der Untersuchung eingeteilt, wonach bei der **Hauptprüfung (H)** die umfangreichsten Prüfungsmaßnahmen notwendig werden. Die erste **Hauptprüfung (H1)** eines Bauwerkes erfolgt vor der Abnahme der Bauleistung und ist somit auch dokumentationspflichtig. Die zweite **Hauptprüfung (H2)** erfolgt im Allgemeinen vor Ablauf der Verjährungsfrist für die Gewährleistungsansprüche und alle weiteren werden in einem Abstand von **6 Jahren** durchgeführt. Der Prüfumfang umfasst alle auch schwer zugänglichen Bauwerksteile unter Zuhilfenahme von Hilfsmitteln und Besichtigungseinrichtungen. Hierbei werden Mängel und Schäden gekennzeichnet, die auch bei der nächsten einfachen Prüfung erneut zu kontrollieren sind. Im Hinblick auf die **Tragfähigkeit** ist der Zustand des Ingenieurbauwerkes mit den Angaben des Bauwerksbuches zu vergleichen, um festzustellen ob er noch den ursprünglichen Angaben entspricht, im Zweifelsfall ist eine Nachrechnung der Brückenklasse zu veranlassen. Als signifikantes Anzeichen für die Sicherheit einer Brücke, gilt vor allem die **Beschilderung**, welche wichtige visuelle Anhaltspunkte

bezüglich der Tragfähigkeit, Durchfahrtshöhe und Breite liefert. Dabei ist zu überprüfen, ob die Beschilderung noch den vorliegenden Gegebenheiten entspricht.

Bei der **Gründung** einer Brücke ist es wichtig, die Auflagerstellen auf Setzung, Auskolkung, Kippungen, Unterspülungen und die tragenden Teile auf den schädlichen Einfluss von Oberflächenwasser zu kontrollieren. Dabei sind **massive Bauteile** auf Rostverfärbung zu untersuchen und auch auf Hohlstellen abzuklopfen. Es wird empfohlen die Oberfläche bei der ersten Hautprüfung komplett zu untersuchen. Der Oberflächenschutz ist visuell oder mit Hilfe von Schichtdickenmessgeräten auf Geschlossenheit hin zu überprüfen. Eventuelle Rißbreiten oder Arbeitsfugen sind zu kennzeichnen und schriftlich mit Skizze festzuhalten, damit diese bei nachfolgenden Untersuchungen verglichen werden können. **Stahl- und Metallkonstruktionen** sind vorrangig auf Risse und Verformungen mit und ohne optische Hilfsmittel zu scannen. Weiterhin ist der feste Sitz der Anschlüsse zu untersuchen, wobei lockere Niete durch abklopfen mit einem Hammer < 300g erkannt werden können. Schraubenverbindungen sind dabei durch stichprobenartiges nachziehen mit Drehmomentschlüsseln, die wegen der gegenüber der Gleitreibung höheren Haftreibung um 10% Prozent höher eingestellt werden müssen als beim anziehen, abzuknacken. Alle Schweißnähte sind durch visuelle Kontrollen und ggf. mit geeigneten zerstörungsfreien Prüfverfahren auf Risse zu untersuchen. Eine Brücke besitzt durch ihre bauartbedingte Ausführung aus Unter- und Überbau, Lager sowie Gelenke welche durch Übergangskonstruktionen mit dem Bauwerk fixiert sind. Da diese Stellen signifikante Dauerbelastungszonen darstellen liegt hier der Schwerpunkt einer Kontrolle darin, dass die Funktion und dabei vor allem die Beweglichkeit sowie Dichtigkeit überprüft werden. Weiterhin ist der Zustand von Lagern zu erfassen, wobei besonderes Augenmerk auf die Sauberkeit, eventuell vorhandenen Korrosionsangriffsspuren oder grobe Mängel/Schäden gelegt wird. Dabei sind außerplanmäßige Stellungen, Verformungen oder Geräusche zu messen und mit der am Bauwerk zur Zeit der Prüfung vorherrschenden Temperatur im Prüfbericht zu notieren.

Zum Beispiel durch die Verwendung von Tausalzen auf dem Brückenüberbau können sich für das Bauwerk schädliche Laugen oder Säuren bilden. Deshalb müssen die Abdichtungen, Fahrbahnfugen und das Entwässerungssystem ständig ihre Funktionstüchtigkeit behalten. Hier sind besonders wieder sichtbar feuchte Stellen auf Risse, Blasen oder Hohlstellen zu begutachten. Fahrbahnbeläge mit Spurrinnen, Verdrückungen oder unzulässigen Undichtigkeiten zu Randbauwerken, wie Schramborde, Straßenabläufe oder Schachtabdeckungen sind zu kontrollieren.

Der feste Sitz der Schmutzwasserleitungen sollte immer mit überwacht und im Idealfall an einem niederschlagreichen Tag überprüft werden. Schutzvorkehrungen, wie Vorrichtungen zum Bauwerkserhalt, Geländer, Schutzplanken oder Lärmkompensationswände sind ebenfalls auf ordnungsgemäßen Zustand zu überprüfen.

**Der Korrosionsschutz** von Seilen, Kabeln, Hängern oder speziell deren Berührungspunkt zwischen Beton und Stahlbauteilen obliegt dabei einer großen Aufmerksamkeit. Eventuelle Übergänge bei denen sich Schmutz und Wasseransammlungen befinden sind anzugeben.

Bei Stahlkonstruktionen ist festzustellen um was für eine Korrosionsart es sich handelt, damit für die nachfolgenden Schritte geeignete Maßnahmen ausgearbeitet werden können.

Korrosionsarten können unter anderem sein:

- Flächenkorrosion
- Lochfraßkorrosion
- Spannungsrisskorrosion
- Spaltkorrosion
- Kontaktkorrosion
- Reibkorrosion

Versorgungsleitungen und ihre Befestigung sind nicht zu prüfen, diese fällt in den Zuständigkeitsbereich der Versorgungsunternehmen, jedoch sind offensichtliche Mängel diesen unverzüglich zu melden.

**Bei der vermessungstechnischen Kontrolle** sind die zugrunde gelegten Lichtraumprofile zu überprüfen, bei der Vermutung von Verschiebung, Neigung oder Durchbiegung zur Ursprungslage sind entsprechende Nullmessungen durchzuführen. Für weitergehende Kontrollmessungen am Bauwerk, ist ein vermessungstechnisches Kontrollprogramm aufzustellen. Festpunkte und Meßpunkte sind in einer Meßskizze festzulegen. Sind Kontrollmessungen bei regelmäßigen Bauwerksprüfungen nicht notwendig so ist darauf ausdrücklich im Bauwerksbuch hinzuweisen.

**Bei einer einfachen Prüfung (E)**, welche in einem Zyklus von 3 Jahren stattfinden sollte, ist eine intensive erweiterte Sichtprüfung ohne Hilfseinrichtung am Brückenbauwerk zu vollziehen. Bei der Untersuchung sind besonders die Ergebnisse der letzten Hauptuntersuchung zu berücksichtigen und die im zugehörigen Protokoll gekennzeichneten Mängel nachzukontrollieren. Werden erhebliche Veränderungen gegenüber dem letzten Prüfbericht festgestellt, so ist die Untersuchung auf den Umfang einer Hauptprüfung zu erweitern.

**Prüfungen aus besonderem Anlass (S)** müssen laut Norm nach größeren, den Zustand des Brückenbauwerkes beeinflussenden Ereignissen oder wenn es nach der Bauwerksüberwachung notwendig erscheint, durchgeführt werden. Der Umfang ergibt sich aus dem besonderen Anlass, welcher z.B. durch Eisschollenanprall, Fahrzeuganprall oder Feuer gegeben sein kann. Eine Sonderprüfung ersetzt jedoch weder ein Haupt- (H) noch eine einfache Prüfung (E).

**Prüfung nach besonderen Vorschriften (V)**

Für den Betrieb und die Überwachung aller maschinellen und elektrischen Anlagen von Ingenieurbauwerken sind besondere Betriebsakten zu führen und spezielle Normen für die Prüfung notwendig. Deshalb besitzt die Prüfung hier wiederum nur eine überwachende Funktion, um sicherzustellen dass eine regelmäßige Wartung der elektrischen Anlagen durch ein entsprechendes zuständiges Organ wahrgenommen wird.

**Die Bauwerksüberwachung jedoch** wird in eine Besichtigung und in eine laufende Beobachtung eingeteilt, wobei ihre Ergebnisse ebenfalls dokumentiert werden müssen.

Ergibt sich aus einer Bauwerksüberwachung ein bedenklicher Befund, so ist eine Prüfung aus besonderem Anlass (S) durchzuführen. Für die Bauwerksüberwachung ist es unabdinglich dass diese von sachkundigen Personen durchgeführt wird. Zur Besichtigung ist zu sagen, dass diese regelmäßig, einmal jährlich ohne größere Hilfsmittel aber unter Nutzung von vorhandenen begehbaren Hohlräumen oder Plattformen stattzufinden hat. Von der Besichtigung ausgeschlossen sind Jahre in denen eine Haupt- (H) oder einfache Prüfung (E) erfolgt ist. Das Ingenieurbauwerk ist dabei auf außergewöhnliche Veränderung, erhebliche Mängel/Schäden und das Fehlen von Verkehrszeichen, Schutzeinrichtungen und Absturzvorrichtungen zu kontrollieren. Weiterhin sind die Entwässerungseinrichtungen und Übergangskonstruktionen auf Verunreinigungen oder eventuelle Schäden hin zu untersuchen. Die Fahrbahnbeläge sind auf Blasenbildung, Spurrinnen oder Undichtigkeiten hin abzusuchen. Erhebliche Anprallschäden und Betonabplatzungen, welche verbunden mit auffälligen Rissverläufen sind müssen in den Aufzeichnungen protokolliert werden. Wichtig ist auch, dass die Brücke auf eine augenscheinliche Verschiebung oder Verformungen Begutachtet wird. Dabei sind auch die Böschungen und Auflagerpunkte nicht zu vergessen.

Sollte sich das Brückenbauwerk an einem Gewässer befinden sind die gefährdeten Bereiche auf Auskolkungen und Anlandungen zu kontrollieren. Darüber hinaus wird eine Besichtigung auch dann notwendig, wenn das Bauwerk einer außergewöhnlichen Situation, die die Stand- oder Verkehrssicherheit beeinträchtigen könnte, ausgesetzt war. Darunter zählen der Ablauf jedes größeren Hochwassers, Eisganges oder nach schweren Unfällen.

Alle Brückenbauwerke sind im Rahmen der allgemeinen Überwachung des Verkehrsweges in Bezug auf ihre Verkehrssicherheit durch eine laufende Streckenkontrolle zu inspizieren. Darüber hinaus sollte eine laufende Beobachtung halbjährlich ohne besondere Hilfsmittel, von der Verkehrsoberfläche und dem Geländeniveau aus, zur Beurteilung von größeren Mängeln und Schäden realisiert werden. Dabei sind nur Schäden die die Verkehrs- und Standsicherheit gefährden zu notieren.

### 2.3.2 Konzentrierter Überblick DIN 1072

**Die DIN 1072 Straßen und Wegebrücken (Lastannahmen) befasst sich mit der Belastung und dem Ansetzen von Lastmodellen auf Brücken.** Da die DIN 1072 nicht nur für das Planen neuer Straßen und Wegebrücken sondern auch für die Nachrechnung von bestehenden Brücken herangezogen werden darf und empfohlen wird, sollen hier aktuell die explizit wichtigsten Schwerpunkte zusammengetragen werden. Ergänzend zu dem Anwendungsbereich ist hinzufügen das außergewöhnliche Einwirkungen, wie Anprall von Schienenfahrzeugen, Eisdruck, Schiffsstoß, Erdbeben und Sonderfälle nicht durch diese Norm erfasst werden. Diese sind bei Bedarf mit der zuständigen bauaufsichtlichen Stelle abzustimmen. Für Schienenbahnen sind auch die entsprechenden Schienbahnvorschriften einzuholen und in die Planung einzubeziehen. Die Einteilung für Lastannahmen erfolgt in drei Klassen.

#### **Hauptlasten:**

- Ständige Lasten (Eigenlasten der Bauteile nach DIN 1055-1/2)
- Vorspannung
- Verkehrsregellasten
- Schwinden des Betons
- Wahrscheinliche Baugrundbewegung
- Anheben zum Auswechseln der Lage



#### **Zusatzlasten:**

- Wärmeeinwirkung
- Windlasten
- Schneelasten
- Lasten aus Bremsen und Anfahren
- Bewegungs- und Verformungswiderstände der Lager und Fahrbahnübergänge
- Dynamische Wirkung bei beweglichen Brücken
- Lasten auf Geländer
- Lasten aus Besichtigungswagen

#### **Sonderlasten:**

- Sonderlasten aus Bauzuständen
- Mögliche Baugrundbewegungen
- Ersatzlasten für Anprall von Straßenfahrzeugen
- Ersatzlasten für den Seitenstoß auf Schrammborde und seitliche Schutzeinrichtung

Für Fahrbahnübergänge jedoch ist die Bremslast als Hauptlast anzusetzen. Die Hauptlasten bilden in ungünstigster Zusammenstellung den Lastfall **H** und die Kombinationen aus Haupt + Zusatzlasten den Lastfall **HZ**. Sollte die Belastung einer Zusatzlast größer als die Beanspruchung aus einer Hauptlast ohne ständige Lasten sein, dann ist die Zusatzlast als Hauptlast zu definieren. Sonderlasten sind gegebenenfalls zusammen mit Haupt- und Zusatzlasten anzusetzen. Beträgt der Unterschied der Spannungen aus tatsächlichen und angenommenen Lasten nicht mehr wie 3%, braucht keine Neurechnung durchgeführt zu werden. Für den Mehreinbau von Fahrbahnbelägen beim Herstellen einer Ausgleichsgradienten ist eine zusätzliche Last von 0,5 kN/m<sup>2</sup> anzusetzen, welche über die gesamte Fahrbahnfläche anzusetzen ist. Wenn beim Entfernen von Fahrbahnbelägen oder Kappen ungünstige Lastzustände entstehen müssen diese berücksichtigt werden. Ferner wird darauf hingewiesen das Erdaufasten und Erddrücke aus der DIN 1055 Teil 1-2 zu ermitteln sind, wobei aber eine womöglich entlastende Wirkung unberücksichtigt bleibt. Ihre Einflüsse auf die Bewegungsmöglichkeiten von Bauteilen ist ebenfalls in der Berücksichtigung zu bedenken. Dem Beurteilen von Vorspannungen und das Gewicht von Versorgungsleitungen ist auch in angemessener Weise Bedeutung zu schenken.

Ein äußerst relevanter Gesichtspunkt ist die Einteilung in Brückenklassen, wobei die Aufteilung in Regel- und Nachrechnungsklassen stattfindet. Die in den jeweiligen Tabellen der Norm verankerten Stellungen der Verkehrslasten sind in der ungünstigsten Variante anzusetzen.

### Auszug der Nachrechnungsklassen aus DIN 1072

Tabelle 2. Verkehrsregellasten der Nachrechnungsklassen

Maße in mm

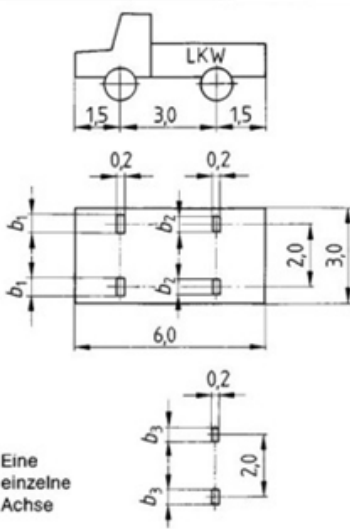
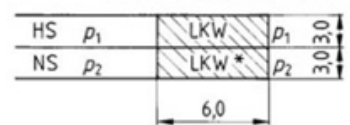
Brückenklassen 16/16, 12/12 <sup>1)</sup> , 9/9, 6/6 und 3/3									
1	Lastkraftwagen (LKW)								
		Brückenkategorie	16/16	12/12	9/9	6/6	3/3		
		Gesamtlast kN	160	120	90	60	30		
		Ersatzflächenlast $p'$ kN/m <sup>2</sup>	8,9	6,7	5,0	4,0	3,0		
		Vorderräder	Radlast kN	30	20	15	10	5	
			Aufstandsweite $b_1$	0,26	0,20	0,18	0,14	0,14	
		Hinterräder	Radlast kN	50	40	30	20	10	
			Aufstandsweite $b_2$	0,40	0,30	0,26	0,20	0,20	
		Eine einzelne Achse	Last kN	110	110	90	60	30	
			Aufstandsweite $b_3$	0,40	0,40	0,30	0,26	0,20	
2	Lastschema für die Fahrbahnfläche zwischen den Schrammborden								
		Brückenkategorie	16/16 <sup>2)</sup>	12/12	9/9	6/6	3/3		
		$p_1$ kN/m <sup>2</sup>	5,0	4,0	4,0	4,0	3,0		
		$p_2$ kN/m <sup>2</sup>	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0		
		*) Gegebenenfalls auch einzelne Radlasten HS Hauptspur mit Schwingbeiwert $\varphi$ NS Nebenspur ohne Schwingbeiwert $\varphi$ Restflächen mit $p_2$ ohne Schwingbeiwert $\varphi$ ( $\varphi$ siehe Abschnitt 3.3.4)							
3	Lastschema für die übrigen Brückenflächen bis zu den Geländern (Geh- und Radwege, Schrammbordstreifen, erhöhte oder baulich abgegrenzte Mittelstreifen). Der ungünstigste Wert der Zeile 3, Aufzählungen a bis c, ist ohne Schwingbeiwert $\varphi$ einzusetzen.								
	a) $p_2$ nach Zeile 2 zusammen mit den übrigen Lasten nach Zeile 2, dabei HS mit Schwingbeiwert $\varphi$								
	b) $p_3 = 5 \text{ kN/m}^2$ ohne Lasten der Zeile 2 (Nur für die Belastung einzelner Bauteile, z. B. Gehwegplatten, Längsträger, Konsolen, Querträger)								
	c) Falls nicht gegen Auffahren durch steife abweisende Schutzvorrichtung gesichert (nur für die Belastung einzelner Bauteile entsprechend Zeile 3, Aufzählung b):								
	<table><tr><td>Radlast <math>P = 40 \text{ kN}</math> Aufstandsfläche <math>0,2 \times 0,3</math> ohne Lasten der Zeile 2</td><td>Nur bei bestehenden Brücken der Brückenkategorie 16/16 und 12/12</td></tr><tr><td>Radlast <math>P = 50 \text{ kN}</math> Aufstandsfläche <math>0,2 \times 0,4</math> ohne Lasten der Zeile 2</td><td>Nur bei neuen Brücken der Brückenkategorie 12/12<sup>1)</sup></td></tr></table>						Radlast $P = 40 \text{ kN}$ Aufstandsfläche $0,2 \times 0,3$ ohne Lasten der Zeile 2	Nur bei bestehenden Brücken der Brückenkategorie 16/16 und 12/12	Radlast $P = 50 \text{ kN}$ Aufstandsfläche $0,2 \times 0,4$ ohne Lasten der Zeile 2
Radlast $P = 40 \text{ kN}$ Aufstandsfläche $0,2 \times 0,3$ ohne Lasten der Zeile 2	Nur bei bestehenden Brücken der Brückenkategorie 16/16 und 12/12								
Radlast $P = 50 \text{ kN}$ Aufstandsfläche $0,2 \times 0,4$ ohne Lasten der Zeile 2	Nur bei neuen Brücken der Brückenkategorie 12/12 <sup>1)</sup>								
<sup>1)</sup> Die Lastannahmen der Brückenkategorie 12/12 für das Nachrechnen bestehender Straßen- und Wegbrücken können vom Bau- lastträger auch für das Berechnen neuer Brücken zugelassen werden. <sup>2)</sup> Es dürfen auch Werte aus Rechenwerken mit einer Aufteilung der Radlasten (Vorderachse: Hinterachse) im Verhältnis 1 : 2 benutzt werden.									

Bild 2-24 Nachrechnungsklassen Auszug aus [DIN1072]

Für Geh- und Radwegflächen oder für abgetrennte Bereiche hinter Schrammborden gibt es drei verfügbare Lastszenarien aus denen die negativste angesetzt werden muss.

- a) Die Flächenlast  $p_2 = 3 \text{ kN/m}^2$  mit allen übrigen Lasten aus Zeile 2 und dem Schwingbeiwert für die Hauptspur ansetzen
- b) Die Flächenlast  $p_3 = 5 \text{ kN/m}^2$  ohne Lasten der Zeile 2 (nur für die Belastung einzelner Bauteile z.B. Gehwegplatten, Längsträger, Konsolen) und es ist kein Schwingbeiwert nötig. Sind die Tragglieder mehr als 10m weit gespannt ist eine Reduzierung auf  $p_4 = 5,5 - 0,05 \cdot l$  möglich jedoch nicht kleiner als  $4 \text{ kN/m}^2$
- c) Für einzelne Bauteile wenn diese Flächen nicht durch steife abweisende Schutzeinrichtungen vor auffahren geschützt sind, wird bei bestehenden Brücken mit Klasse 16/16, sowie 12/12 eine Radlast  $P = 40 \text{ kN}$  mit einer Aufstandsfläche von  $0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$  ohne Lasten aus Zeile 2 angesetzt. Lediglich bei neuen Brücken der Klasse 12/12 ändert sich die Radlast  $P$  auf  $50 \text{ kN}$  und die Belastungsfläche auf  $0,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$ . Bei Klassen 9/9; 6/6; 3/3 ist dieser Nachweis entbehrlich.

Für die Berechnung aller Brückenteile (z.B. Lager, Auflagersockel, Auflagerbänke, Stützen) ist die Belastung der Hauptspur mit einem Schwingbeiwert zu vervielfachen, bei allen anderen Brückenteilen, wie Widerlager, Pfeiler und Gründungkörper samt Bodenfuge ist dies nicht gefordert. Bedeutend muss hier darauf hingewiesen werden das Geh- und Radwegbrücken, sowie außerhalb der Hauptspur anfallende Verkehrsregellasten und Lasten auf Hinterfüllung von Bauwerken ohne Schwingungsbeiwert einzusetzen sind.

Beim Anheben der Brücke (min. 1cm) zum Auswechseln der Lager dürfen die Verkehrslasten, wobei der Schwingbeiwert einzubeziehen ist, um die Hälfte reduziert werden.

Zur Ermittlung der Dauerschwingbeanspruchung mit dem geforderten Nachweis der Schwingbreite sind die Schwankungen der Beanspruchungen infolge häufig wechselnder Verkehrslasten aus den Verkehrsregellasten, einschließlich Schwingbeiwert unter Abminderung mit einem Beiwert  $\alpha$  zu berechnen. Für die Ermittlung von Beanspruchungen hinter Widerlagern, Flügelmauern und sonstigen an das Erdreich grenzenden Bauteilen darf die Last des Erddruckanteils als unter  $30^\circ$  zur Lotrechten verteilt angenommen werden.

Nicht primär aufgenommen in die Einschätzungen der Belastung wird das Schwinden, es sei denn die daraus resultierenden Beanspruchungen erhalten eine ungünstigere Auswirkung.

Um den Einfluss von Temperaturschwankungen und die daraus resultierenden Temperaturunterschiede exakt in das Lastmodell zu integrieren ist eine Überlagerung mit den Verkehrsregellasten erforderlich.

- a) Voller Verkehrsregellast + 0,7 Temperaturunterschied
- b) 0,7 fache Verkehrsregellast + voller Temperaturunterschied

Eine ungleiche Erwärmung verschiedener Bauteile von Stahlkonstruktionen wie z.B. Zugband und Bogen, Seile und Versteifungsträger, Ober- und Untergurt von Fachwerken ist mit einer pauschalen Temperaturdifferenz von  $\pm 15\text{K}$  einzubeziehen. Bei der Überlagerung der Wärmewirkung werden die größten Differenzen der Randtemperaturen zweier beliebiger Bauteile auf 20 K begrenzt. Die Windlast für Brücken ist jeweils in Quer- und Brückenlängsrichtung anzusetzen, wobei diese beiden Fälle nicht überlagert anzusetzen sind.

Der angreifende Wind kann als waagrecht angenommen und in seiner Belastungsgröße aus den Tabellen herausgelesen werden. Sollte bei Überlagerung der Verkehrslast diese entlastend wirken, muss sie auf der Hauptspur auf eine Streckenlast von 5 kN/m begrenzt sein. Eine Reduzierung der Windlast in der Bauphase kann nach DIN 1072 Seite 8 (Absatz 4.2.3) erfolgen. Unberücksichtigt kann die Schneelast für den Endzustand bleiben, wohingegen im Bauzustand mit den 0,8 fachen der Werte aus DIN 1055 oder mind. 0,5 kN/m<sup>2</sup> zu rechnen ist. Für die Lagesicherheit kann der Schnee auf die gesamte Brückenfläche angesetzt werden. Bremslasten brauchen nicht beachtet zu werden, wenn sie offensichtlich keinen Einfluss haben ansonsten ist der entsprechende Absatz 4.4 der DIN 1072 zu befragen.

Das Ansetzen von Bewegungswiderständen zum Abtragen von Bremslasten ist verboten.

Die Bewegungs- und Verformungswiderstände von Lagern sind der DIN 4141 zu entnehmen, sollte für Lager, Pendel und Stelzen herkömmlicher Bauart nichts wesentliches enthalten sein, sind die Werte aus dem Punkt 4.5 der DIN 1072 zur Bearbeitung heranzuziehen.

Für die schützende Wirkung von Geländer ist eine Streckenlast von 0,8 kN/m anzusetzen, welche nach außen und innen wirken kann. Der Anprall von

Fahrzeugen an tragenden Stützen, Rahmenstäben und Endstäben von Fachwerkträgern wird durch waagrechte Ersatzlasten in 1,2m Höhe über der Fahrbahn berücksichtigt. Dabei wirken in Längsrichtung 1000 kN und rechtwinklig dazu 500kN, jedoch nicht gleichzeitig. Die Lagesicherheit wird durch die Nachweise gegen gleiten, abheben und umkippen bestimmt, wobei die Beachtung der zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte wichtig ist. Diese befinden sich in DIN 1072 Seite 11 Tabelle 7. Außerdem sind auch die Widerstands- Teilsicherheitsbeiwerte aus DIN 1072 Anhang A zu entnehmen.

Zum Abschluss soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass für aktuelle Brückenbauvorhaben der DIN Fb 101 (Einwirkung auf Brücken) seit Mai 2003 allein verbindlich ist. Da die Anzahl der bestehenden Brücken, welche auf Grundlage der DIN Fachberichte bemessen worden sind, zum gegenwärtigen Zeitpunkt einen geringen Anteil darstellen, ist es wichtig bei der Abschätzung von Auswirkungen bestehender Brücken die alte Norm DIN 1072 zu berücksichtigen.

### 2.3.3 Konzentrierter Überblick DIN 18809

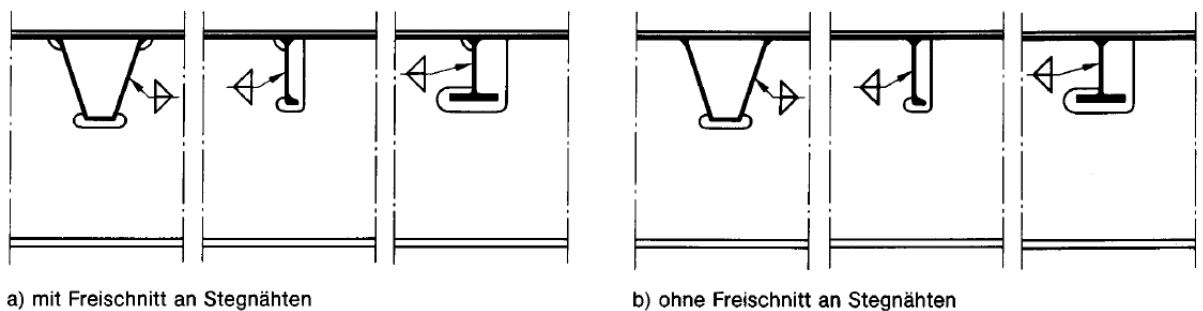
**Die Zusammenfassung der DIN 18809 Stählerne Straßen- und Wegebrücken (Bemessung, Konstruktion, Herstellung)** soll einen kleinen Eindruck vermitteln, welche Aspekte bei der Planung von Brücken eine Rolle spielen um beim Prüfen dieser eine bessere Einschätzung durchführen zu können.

In den Anwendungsbereich der Norm fallen alle aus Stahl konstruierten, tragenden Bauteile von Straßen und Wegebrücken. Für alle eingesetzten Stähle sind Prüfbescheinigungen oder Werkszeugnisse aufzubewahren um eine lückenlose Nachprüfbarkeit zu gewährleisten.

Bei zusammengesetzten Biegeträgern oder anderen gleichartigen Bauteilen, ist der Ermittlung der korrekten mittragenden Gurtbreiten ein besonderes Maß an Aufmerksamkeit zu schenken. Bei Längsrippen von orthotropen Platten verhält sich die mittragende Gurtbreite etwas anders und ist nach Tabelle 2 und Bild 7 dieser DIN zu bestimmen. Sind Radlasten anzusetzen, so ist es gestattet diese unter einem Winkel von 45° nach allen Seiten bis zur Mitte des Deckbleches der stählernen Fahrbahnkonstruktion abzutragen. Die erforderlichen Nachweise werden im Punkt 5 aufgezählt und sind: der allgemeine Spannungsnachweis, die Lagesicherheit sowie die Formänderungsuntersuchung. Maßgebende Einwirkung für die Formänderungen sind ständige Lasten, Verkehrslast ohne Schwingbeiwert, Wärmewirkung, Windlast und wahrscheinliche Baugrund- sowie Stützbewegung.

Falls für die Funktionsfähigkeit des Bauwerkes und der Bauteile von Bedeutung sind die Formänderungen aus den genannten Einflüssen getrennt zu ermitteln.

Sind zulässige Spannungen ausgenutzt, so beträgt der Nietschlupf für eine Nietgruppe aus S235 0,2mm und für S355 0,3mm, ist dieser Schlupf auch noch für die Formänderungsberechnung von Bedeutung muss er bei der Bestimmung mit einbezogen werden. Für die Verbindung mit Passschrauben gelten die gleichen Werte. Der Betriebsfestigkeitsnachweis kann entfallen bei Hauptträgerelementen, die nicht gleichzeitig Fahrbahnelemente sind oder bei direkt örtlich verkehrsbelasteten Bauteilen welche nach Bild 2-25 ausgebildet sind.



**Bild 2-25 Trägers Ausbildung bei Durchringungen [DIN18809]**

Das Ausbauen, eines Seiles oder Hängers sollte jederzeit im Lastfall HZ möglich sein wobei die restlichen Stränge die vorherrschenden Beanspruchungen mit den geforderten Sicherheiten abzutragen haben. Bei der Konstruktionsbauweise „Orthotrope Platte“ ist auf die geforderten Spannungsnachweise einzugehen, örtliche Biege- und Schubspannungen im Deckblech brauchen jedoch nicht nachgewiesen zu werden. Bei Fachwerken dürfen die Stabkräfte unter der Annahme reibungsfreier Gelenke in den Knotenpunkten bestimmt werden. Biegespannung aus Querbelastrung und nicht systemlinientreuer Konstruktion müssen erfasst sein, können aber Querlasten aus Eigenlast der Stäbe oder unmittelbaren Windlasten für Stäbe  $l_h < 6m$  vernachlässigt werden. Außermittigkeiten von Schwerachsen der Stäbe zu Schwerachsen der Schrauben oder Nähte müssen berücksichtigt werden.

Bei Verbindungsmitteln gelten besondere Hinweise und Rechenanweisungen. Scher- Lochleibungsverbindungen sind z.B. nur für untergeordnete Bauteile zulässig und eine Verwendung von gleitfesten Verbindungen mit einem Lochspiel  $>2mm$  ist unzulässig.

Jeder Stab ist mit mindestens 2 Schrauben in Krafrichtung hintereinander anzuschließen. Ausnahmen können bei untergeordneten Bauteilen oder Geländern möglich gemacht werden. Zulässige Klemmlängen von Nieten sind ebenfalls zu beachten:

**Die zulässigen Klemmlängen in mm betragen für:**

<b>Halbrundniete nach DIN 124</b>	<b><math>0,2 d_1^2</math></b>
<b>Halbrundniete mit verstärktem Schaft</b>	<b><math>0,3 d_1^2</math></b>

**wobei  $d_1$  der Durchmesser des geschlagenen Niets in mm ist.**

**Bild 2-26 Klemmenlängen von Nieten nach [DIN18809]**

Für eine gesicherte Schweißverbindung ist das Widerstandsabbrennstumpfschweißen nicht autorisiert. Für die zulässigen Spannungen in Schweißnähten sind die ertragbaren Werte aus der DIN 18800 Teil 1 um je 20 N/mm<sup>2</sup> abzumindern, außerdem ist das Schweißen in kaltumgeformten Bereichen verboten. Brücken die durch Verkehrslasten nach DIN 1072 oder Schienenbahnen belastet werden, sind nach den Grundsätzen des Stahlbaus für nicht vorwiegend ruhende Belastung auszubilden. Hierzu zählen unter anderem das Ausrunden von Knotenblechen und Anschlüssen um einen harmonisch, stätigen und möglichst direkten Kraftfluss zu gewährleisten. Speziell für Brückenbauwerke die als Überführung für andere Verkehrswege, wie Autobahnen oder Schienenverkehr dienen muss unbedingt der erforderliche lichte Freiraum unter diesen Konstruktionen eingehalten werden. Auch unter der größtmöglichen rechnerischen Verformung muss dieser Sachverhalt gegeben sein. Hierzu gehören auch das Ansetzen von Setzungen, Senkungen, Verschiebungen und Verkantungen von Stützen und Widerlagern, sowie der Einfluss möglichen Schlupfes von Verbindungsmitteln. Der Einsatz von unberuhigt vergossenen Stählen ist nicht gestattet und bedarf aufgrund der heutigen Herstellungsprozesse auch keiner besonderen Bedeutung mehr. Für die Beanspruchung in Richtung der Werkstoffdicke ist die DAST-Richtlinie 014 einzusetzen und für die Bemessung von Beulsteifen DAST- Richtlinie 012. Besondere Konstruktionsregeln gelten für den Einsatz von Mindestmaterialdicken, um einer zu instabilen Konstruktion entgegen zu wirken und um die Haltbarkeit bituminöser Fahrbahnbeläge aufgrund zu großer Verformungen zu gewährleisten.



**Folgende Mindestmaße müssen eingehalten werden:**

Dicke bei Blechen und Breitflachstählen	8 mm
Stegdicke bei Stab- und Formstählen	5 mm
Wanddicke bei Hohlprofilen	5 mm
Wanddicke bei Rohren	4 mm
Schenkelbreite und -dicke bei Winkelstählen	70 mm × 7 mm

**Bild 2-27 Mindeststärken für Konstruktionsbauteile [DIN18809]**

**Fahrbahnplatten**

Für die Dicke  $t$  des Deckblechs und den Abstand  $e$  der Längsrippenstege müssen folgende Werte eingehalten werden:

- bei Fahrbahnen  $t$  mindestens 12 mm

$$\frac{e}{t} \leq 25$$

- bei Geh- und Radwegen  $t$  mindestens 10 mm

$$\frac{e}{t} \leq 40$$

Für Wanddicken von Hohlrippen gilt:  $t \geq 6$  mm.

**Bild 2-28 Konstruktionsregeln für Fahrbahnplatten [DIN18809]**

Für die Ausbildung von Brückenlagern und den damit einzuhaltenden Vorschriften gilt die DIN 4141 Teil 1 und 2 [DIN4141]. Für die Oberflächenentwässerung jeder Brücke ist ein Entwässerungsplan aufzustellen, um sicherzustellen, dass das Oberflächenwasser keinen schädlichen Einfluss auf die Konstruktion nehmen kann. Mindestens ein Ablauf je 400m<sup>2</sup> Brückenfläche ist vorzusehen. Außerdem vor jedem Fahrbahnübergang, damit das Wasser vor der Übergangskonstruktion abgeführt wird. Die alte zur Bemessung von Entwässerungen genannte Norm DIN 1986-2 wird zu DIN EN 752 (DIN EN 12056). Die Fahrbahnplatten von Gehweg und Verkehrsfläche sind gegen Wasser mit geeigneten Dichtungssystemen zu versiegeln. Alle Geländer für öffentlichen Fußgängerverkehr müssen mit einer Höhe von mindestens 1m und als Füllstabgeländer mit einer maximalen lichten Weite der Stäbe von 140mm ausgebildet werden. Es ist Sorge zu tragen, dass die Geländer einer eventuellen Bauwerksbewegung oder Temperaturdehnung folgen können. Erdung und Abstände von Leitungen sind so zu verlegen, dass keine Beeinträchtigung von Verkehr oder Optik bei eventuellen Reparaturen zu befürchten ist. Für die Prüfung und Unterhaltung der Brücke sind Besichtigungseinrichtungen vorzusehen. Die aktuell in der Norm DIN 18 809 genannte Norm für den Korrosionsschutz (DIN 55 928 Teil 1-9), wird durch die derzeit als Entwurf vorliegende DIN 55 634 ersetzt, lediglich Teil 8 der alten Norm ist noch in Verwendung.

### 2.3.4 Angewendete Richtlinien

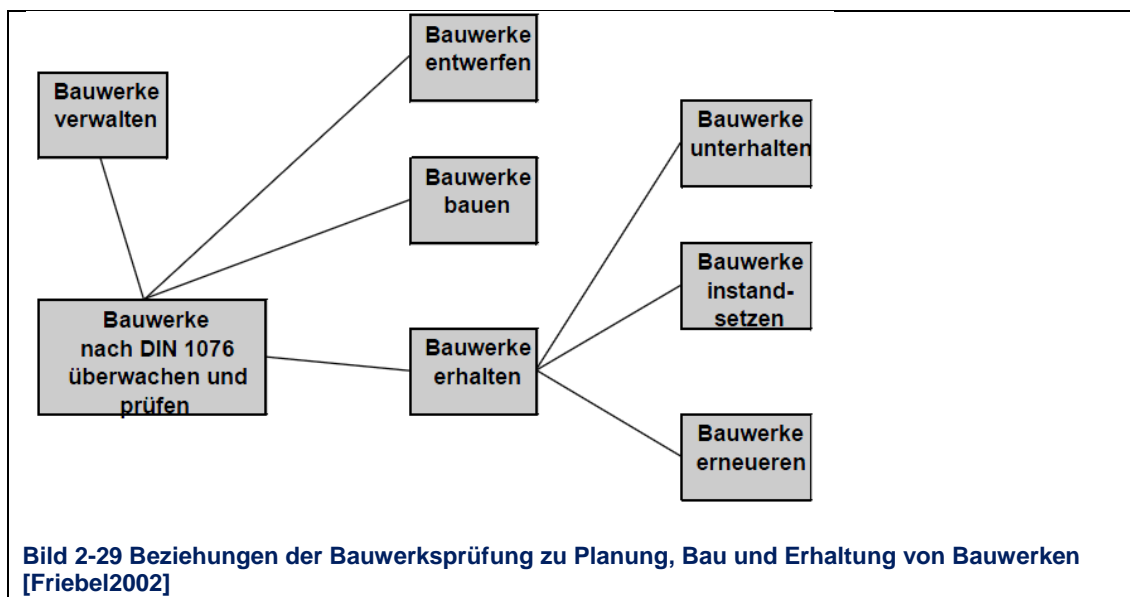
#### RI-ERH-ING Richtlinien für die Erhaltung von Ingenieurbauwerken

- RI-ERH-KOR Richtlinie für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten (05/2006) [RIEKOR2006]
- RI-EBW-PRÜF Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (11/2007) [Platzhalter1]
- RI-WI-BRÜ Richtlinie zur Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzungs-/Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken [RIWIBRÜ2007]
- RI-OSA Richtlinie Objektbezogene Schadensanalyse [OSA2007]
- Richtlinie zur Tragfähigkeitseinstufung bestehender Straßenbrücken der neuen Bundesländer in Lastklassen nach DIN 1072, Ausg. Dez. 1985 (04/1992) [RITRA1992]
- ASB-ING Anweisung Straßeninformationsbank Teilsystem Bauwerksdaten [ASBING2008]
- ZTV-ING Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten
- ZTV-KOR Stahlbauten

## 2.4 Einführung in die Bauwerksinstandhaltung

### Bauwerkserhaltung

„Die Bauwerkserhaltung umfasst alle Tätigkeiten der Unterhaltung, Instandsetzung und Erneuerung eines Bauwerks oder einzelner Bauteile“ [RIEKOR2006] .



## **2.5 Hinweise zur Planung von Brückenprüfungen**

Die DIN 1076 dient dazu den Istzustand des Brückenbauwerkes zu ermitteln und Schäden frühzeitig zu erkennen, neben der Verkehrssicherheit (V) werden auch Standsicherheit (S) und Dauerhaftigkeit (D) beurteilt. Die bei einer Prüfung entdeckten lokalen und globalen Schäden müssen bewertet werden und es sollen sich daraus Überwachungskonzepte, sowie wirksame Instandsetzungsmaßnahmen entwerfen lassen. Grundlage für diese Prüfung ist das Bauwerksbuch in dem detaillierte Informationen über das Bauwerk selbst und die Maßnahmen die an ihm durchgeführt worden niedergeschrieben sind. Mögliche Maßnahmen sind z.B. Ergebnisse von vorangegangenen Prüfungen und vollzogene Instandsetzungsmaßnahmen. Art und Umfang der Untersuchung legt der betraute Ingenieur in der Prüfanweisung fest. Er hat jedoch aufgrund einer Vielzahl von Richtlinien eine Hilfestellung indem ihm einige grundlegende zum Bauwerk zugehörige, prinzipiell zu prüfenden Punkte genannt werden. Vor dem Anfang jeder Prüfung erfolgt die Festlegung einer Prüfungsrichtung, die in der Prüfungsanweisung eindeutig benannt werden muss. Danach erfolgt eine Visuelle Begutachtung des Bauwerkes, wobei der sachkundige Ingenieur oftmals schon aufgrund des äußeren Erscheinungsbildes auf den Bauwerkszustand schließen kann. Bestehen demnach Zweifel über den Zustand der Konstruktion oder kann eine Aussage nur durch eingehendere Prüfung gemacht werden, muss der Prüfer geeignete zerstörungsfreie- oder quasizerstörungsfreie Prüfverfahren veranlassen. Eine möglichst geringe Beeinträchtigung der Brücke sollte bei der Auswahl der Verfahren im Vordergrund stehen. Das erarbeitete Prüfkonzept soll eine uneingeschränkte Prüfungsmöglichkeit der Bauteile ermöglichen, deshalb ist es unumgänglich vorhandene Wartungseinrichtungen zu kennen und in den Ablauf einzupflegen. Dabei sollte nicht nur an direkt sichtbare Bauteile des Haupttragwerkes gedacht, sondern auch die Gründung, Verankerungskonstruktionen im Untergrund und der Böschungsbereich geprüft werden. Sind zu prüfende Positionen nicht über normale Wartungseinrichtung zu erreichen müssen im Gegensatz zur Brückenüberwachung Brückeninspektionsgeräte oder Hilfskonstruktionen eingesetzt werden, die einen Zugang zu Lagern, Pfeilern sowie Unterbaubauteilen ermöglichen. Die Ingenieurkunst des Brückenbaus hat sich in den letzten Jahren weiterentwickelt und viele der damals dem Stand der Technik entsprochenen Lösungen sind heute durch neue Erkenntnisse überholt. Diese Konstruktionsdetails können Auslöser für Schadensschwerpunkte sein und bedürfen demnach einer besonderen Kontrolle.

Ein paar Beispiele für diesen Sachverhalt:

- Befestigung von Abhängungen, Leitungen und hinterlüfteten Verkleidungen
- Verlorene Schalungen
- Unzugängliche Fahrbahnübergangskonstruktionen und Fugen
- Einbetonierte Entwässerungseinrichtung
- Nicht zeitgemäße Konstruktionstechniken, wie z.B.
  - Verankerung von Spanngliedern in der Fahrbahnplatte
  - Volle Kopplung der Spannglieder in der Arbeitsfuge

Bei Instandgesetzten Brückenbauwerken sind speziell die bearbeiteten oder verstärkten Bereiche zu prüfen um deren Dauerhaftigkeit zu garantieren.

<b>Zu prüfender Bereich</b>	<b>Zu untersuchende Merkmale</b>
Beton	Verschmutzung/Staub, Fremdstoffe/Rückstände, Verwitterung, Zerstörungen, Kiesnester, Durchfeuchtungen, Wasseraustritt, Ausblühungen, Rostflecken, freiliegende Bewehrung, Risse, mechanische Beschädigung/Anprall, Brandschäden, Betondeckung, Hohlstellen, Dichtheit, Karbonatisierung, Chloridgehalt, Betonfestigkeit
Betonstahl	Lage und Durchmesser, Oberflächenrisse entlang der Stabachse, Zustand und Korrosionsgrad
Spannglieder	Zustand und Korrosionsgrad, Risse entlang der Spanngliedachse, mangelhaft verpresste Hüllrohrabschnitte
Spannanker und Koppelstellen	Zustand
Brückenlager	Zustand und Funktionsfähigkeit, Lagerstellung, Lagerschäden
Fahrbahnübergänge	Zustand, Funktionsfähigkeit, Dichtheit, Risse
Abdichtung	Zustand, Dichtheit
Entwässerung	Funktionsfähigkeit
Brückenausstattung	Fugendichtheit, Belagsschäden, Geländerverankerung
Geländeoberfläche	Setzungen, Anrisse, Rutschungen

**Tabelle 2-3 Ausgewählte Prüfbereiche [Mehlhorn2007]**

## 2.6 Prüfausrüstung und Prüfverfahren

Der Grundstein jeder Einzelprüfung einer Brückeninspektion ist die visuelle Kontrolle aller Bauteile. Als wichtigstes Prüfmittel gilt deshalb das Auge des Ingenieurs, das es ihm ermöglicht eine Zustandsbewertung durch die Kombination von Oberflächenbeschaffenheit und Gesamterscheinungsbild des Bauwerks zu erstellen. So können z.B. Lage und Breite von Rissen einen Anhaltspunkt über den angreifenden Kräfteverlauf geben. Verfärbte, feuchte und rostige Stellen können Hinweise auf Hohlstellen oder Abplatzung liefern. Auch eine augenscheinlich zu große Verformung zu einem anderen Bezugspunkt kann ein Indiz für eine mögliche Fehlstellung der Konstruktion sein. Besteht der Verdacht auf eine zu große Verformung kann eine Teilvermessung, Gesamtvermessung oder sogar ein tachymetrische Bauaufnahme angeordnet werden. Mithilfe dieses berührungslosen Verfahrens, lassen sich digitale maßstabsgetreue 3d Modelle des Bauwerks erstellen. Zur Unterstützung des menschlichen Auges bei der visuellen Überprüfung können Risslupen, Mikroskope, Endoskope oder Kameras dienen.

Wenn das Verhalten oder die Beschaffenheit der Struktur nicht offensichtlich erkennbar ist müssen zusätzliche Test- und Prüfeinrichtungen genutzt werden. Weitere Prüfwerkzeuge sind z.B. Rückprallhammer, Bewehrungssuchgerät, Korrosionsmessgerät oder Schichtdickenmesser.

	Prüfziel	Prüfverfahren
<b>Beton</b>	Bestimmung der Betondruckfestigkeit	Rückprallhammer, Kugelschlag, Ultraschall, mechanischer Einzelimpuls, Entnahme von Prüfzylindern
	Beurteilung von Homogenität, Verdichtung, Fehlstellen, Hohlräumen, Einschlüssen	Augenschein, Abklopfen, Ultraschall, Gamma-rückstreuung, Radiografie, Infrarotthermografie, Endoskopie, Hohlraum-Evakuierung
	Beurteilung von Porosität, Wasseraufnahme, Durchlässigkeit	Füllprobe, kapillares Saugen, Durchlässigkeitsprüfung
	Beurteilung von Rissen	Augenschein, Lupe, Sonde, Ultraschall, dynamische Biegeprüfung, Infrarotthermografie
	Beurteilung von Feuchtegehalt und -verteilung	Augenschein, Bohrmehlentnahme, Infrarotthermografie, elektrische Leitfähigkeit, Neutronenbremsung, Dielektrizitätskonstante

	Beurteilung der Karbonatisierungstiefe	Indikatorverfahren (Phenolphthaleintest), Bohrmehlentnahme
	Beurteilung des Chloridgehalts	Indikatorverfahren, Bohrmehlentnahme
<b>Betonstahl</b>	Bestimmung von Lage und Durchmesser der Bewehrung	Magnetische Induktion, Wirbelstromsonde, Gammadurchstrahlung, Infrarotthermografie
	Beurteilung der Korrosion	Endoskopie, Potentialfeldmessung, Korrosionsströme
<b>Spannstahl</b>	Feststellung von Verpressfehlern	Endoskopie, Ultraschall, Gammadurchstrahlung, Röntgendurchstrahlung, Infrarotthermografie, Schallemissionsanalyse
	Beurteilung des Korrosionszustands	Endoskopie

**Tabelle 2-4 Prüfziele und Prüfverfahren nach [Mehlhorn2007]**

Ein weiteres häufig genutztes Verfahren um Schadstellen aufzuspüren ist das Abklopfen der Oberfläche, dabei werden leichte Hämmer <300g oder sogenannte Impuls-Prüfhämmer eingesetzt. Mit dieser Art der Fehlersuche können Hohlstellen, nichthaftender Korrosionsschutz und lockere Verbindungsmittel erkannt werden. Ein gänzliches Abklopfen wird bei der ersten Hauptprüfung empfohlen. Sind dabei Defekte entdeckt wurden schließt sich oft ein öffnen der Hohlstellen, das Messen der Schichtdicke oder eine Probenentnahme an. Das Öffnen an bewehrten Beton- oder Spanngliedern sollte immer mit Bohrmaschinen erfolgen, die eine Abschaltautomatik vor dem Kontakt mit Metall besitzen. Je nach Prüfauftrag haben die Proben eine unterschiedliche Beschaffenheit von Bohrkernen, Bohrmehl bis hin zu Spänen oder Bruchstücken. Bedeutend dabei ist eine unverwechselbare Kennzeichnung der Probe nach Ort, Zeit und Lage. Zum Prüfen der Gesamtheit der Brücke und um repräsentative Ergebnisse über die Materialeigenschaften zu erhalten, ist es notwendig mehrere Messungen am Bauwerk durchzuführen oder eine Vielzahl von Proben an unterschiedlichen Stellen zu entnehmen. Wenn aus Berechnungen nicht direkt auf die Tragfähigkeit geschlossen werden kann und aus konstruktiven Erfahrungen einer Nutzung eigentlich nichts im Wege steht, kann das Verfahren der Probelastung eine Lösung sein.

Probelastungen dienen zum Überprüfen der Tragsicherheit von Neubauten oder Feststellung der Standsicherheit bestehender Konstruktionen im Rahmen von Erhaltungs- und Umnutzungsplanungen (Alt-Bauten und Baudenkmäler).  
vgl.[BAM2009] .Jedoch werden aufwendigere Prüfungen nicht bei den Hauptprüfungen eingesetzt, sondern vielmehr bei diesen ermittelt und anschließend um spezifische Probleme zu klären bei Sonderprüfungen durchgeführt.

Prüfverfahren	Feststellbare Fehler
Ultraschallprüfung	Festigkeit, Hohlräume, Risse
Durchstrahlungsmethoden mit Röntgen- und Gammastrahlen	Lage und Zustand der Bewehrung, Hohlräume
Leitfähigkeits-/Widerstandsmessung	Feuchtegehalt
Infrarotthermografie	Feuchtstellen, Verpressfehler
Schwingungsanalyse	Gesamttragverhalten, Zustand der Spannglieder

**Tabelle 2-5 Aufwendige Prüfverfahren für Sonderprüfungen vgl. [Mehlhorn2007]**

Untersuchungsgegenstand	Messverfahren	Kommentar / Genauigkeit
Geometrieaufnahme	Handaufmaß, Fotogrammetrie, Laser-Scan-Verfahren	≈ 1 mm ≈ 1 mm bis 0,1 mm je nach Objektentfernung
Materialparameter	Zerstörende Prüfungen an Bohrkernen, z.B. Zugversuch, Kerbschlagbiegeversuch, ...	vgl. Bild 2
Lokaler Dehnungs- und daraus folgender Spannungszustand	Dehnungsmessstreifen Faseroptische Dehnungssensoren	≈ 0,1 mm/m Genauigkeit abhängig vom Sensor
Statisches Tragverhalten und statisches System/Modell	System von Dehnungsmessstreifen	≈ 0,1 mm/m
Dynamisches Tragverhalten: – Beschleunigungen – Eigenfrequenzen	Beschleunigungsmesser, -sensoren Dehnungsaufnehmer	≈ 0,05 bis 1 % je nach Kraftgröße
Temperatur	Thermoelemente, -sensoren	≈ 0,1 K je nach max. Temperaturschwankung
Neigungsmessung, Auflagerverdrehung	Neigungsmesser, Rotationswegaufnehmer, Inklinometer	≈ 0,001 bis 0,01°
Verformungen, Auflagersetzungen	Induktiver Wegaufnehmer Laser-Scan-Verfahren	≈ 0,1 % der max. Verformung ≈ 1 mm bis 0,1 mm je nach Objektentfernung
Verkehrsbelastung	Hydrauliksensoren zur Datenerfassung von bewegter Masse (Weigh-in-Motion- oder kurz WIM-Systeme genannt)	

**Tabelle 2-6 Messverfahren für Bauwerksdaten [Kühn2008]**



Bei massiven Bauteilen wie Betonplatten oder Fundamenten sind neben dem feststellen der Rissbreiten auch die Bauteiltemperatur und Witterungsverhältnisse aufzuzeichnen. Rissfortschritte können mit Hilfe aufgeklebter Rissmarken (Rissmonitore) und Rissbreiten mit optischen Rissvermessungsgeräten ermittelt werden, festzustellen sind dabei das Wachstum oder das Schrumpfen der Risse. Ob ein festgestellter Riss einer Instandsetzung bedarf, hängt davon ab ob er nur die Optik oder auch die Dauerhaftigkeit negativ beeinflusst. Allgemein kann gesagt werden, dass Risse bis zu einer Größe von 0,4mm bei ausreichender Betondeckung und ohne Tausalzangriff die Dauerhaftigkeit nicht nachteilig reduzieren. Jedoch müssen Risse in Folge von Volumenerweiterung der korrodierten Bewehrungsstähle immer repariert werden. Zur Bestimmung der **Karbonatisierung** des Betons kann eine Phenolphthaleinlösung verwendet werden. Das anschließende Aufsprühen der Indikatorlösung bewirkt einen Farbumschlag nach rot-violett, wenn der pH-Wert über ca. 9 liegt, karbonatisiert sind demzufolge die unverfärbten Bereiche.

Zur Bestimmung des **Chloridgehaltes** des Betons dagegen kann eine Silbernitratlösung verwendet werden, nach dem Aufsprühen der Indikatorlösung verfärben sich chloridfreie Bereiche rotbraun und chloridhaltige Bereiche bleiben wenig oder unverfärbt. Die Stärke der Betondeckung, Durchmesser und Lage der Bewehrungsstähle können mit Hilfe von Bewehrungsprüfgeräten ermittelt werden. Je nach Gerätetyp und damit unterschiedlicher Wirkweise kann sich die Anzahl der zu prüfenden Werte unterscheiden. Der konkrete Zustand der Bewehrungseinlagen, kann aber nur durch ein freilegen sicher bestimmt werden und ist anschließend fachgerecht wieder zu verschließen.

## **2.7 Prüfungsschwerpunkte für Stahlbrücken**

### **2.7.1 Allgemeine Betrachtungsweisen**

Da Bauwerke aus Stahl eine relativ große Temperaturlängenänderung ( $1,2 \cdot 10^{-5} \text{K}^{-1}$ ) aufweisen sollten Messungen bezüglich der Formänderung oder Lage dann erfolgen, wenn das Bauwerk in der Gesamtheit annähernd gleiche Temperatur aufweist. Dieser Sachverhalt stellt sich in etwa kurz nach Sonnenaufgang da, weil sich das Bauwerk in der Nacht abkühlen konnte. Die Sonneneinstrahlung kann dunkle Flächen sehr stark erwärmen und ist somit in Bezug auf Verformungsänderungen nicht zu vernachlässigen. Sind Daten einer früheren Vermessung vorhanden, sollte aufgrund dieser Werte eine Nachkontrolle wichtiger Längen erfolgen.

Ist dies nicht der Fall ist es unabdingbar für eine weitere korrekte Überwachung eine Basisvermessung anzuordnen, damit diese anschließend die Grundlage für weitere Prüfungen bilden kann. Einzelbauteile oder Anschlussbauwerke können mit Hilfe von Richtscheiten, Bauschnüren oder lichtunterstützten Fluchtgeräten auf Geradheit und Ausbeulungen kontrolliert werden. Sind bei Untersuchungen starke Abweichungen festzustellen, müssen diese aufgezeichnet und deren Ursachen gefunden werden. Bei Brücken mit Kabelaufhängungen ist es möglich die vorherrschende Kabelkraft über die Eigenfrequenz zu bestimmen und mit der geforderten zu vergleichen. Messungen in Bezug auf das Schwingen müssen im unbelasteten Zustand stattfinden vgl.[Mehlhorn2007] .

$$f = \frac{n}{t}$$

$$S = 4f^2 \cdot l^2 \cdot \mu$$

*f = Eigenfrequenz*

*S = Seilkraft*

*n = Anzahl der Schwingungen*

*f = Eigenfrequenz*

*t = Zeit in Sekunden*

*l = Länge zwischen den*

*Austrittspunkten der Verankerungen*

*μ = Masse je Längeneinheit inklusive*

*Korrosionsschutz und Hüllrohr*

Bei Fahrbahnverbundkonstruktionen muss eine Inspektion hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit der Dübel erfolgen, das heißt es darf kein Schlupf zwischen Kopfbolzendübel und Beton vorhanden sein. Da ein Großteil der Belastung der Fahrbahnbeläge auf den Spuren der Lastkraftwagen stattfindet, sind diese Bereiche besonders genau auf Ablösungen, Blasenbildung und sonstige Schäden zu prüfen. Wichtig bei den Belägen sind auch die Verbindungen der Dichtschicht und Deckschichten untereinander, denn wenn Wasser eindringen kann besteht die Gefahr des auffrieren des Belages bei Frost. Sollten schon Schlaglöcher feststellbar sein, müssen diese sofort mindestens provisorisch verschlossen werden, um einen weiteren Angriff der Medien zu verhindern. Aber nicht nur Temperaturen unter dem Gefrierpunkt können den Fahrbahnen schaden und bedürfen einer Instandsetzung, auch hochsommerliche Hitzeperioden in denen sich durch die schweren LKW Spurrinnen bilden fallen unter die besondere Aufsichtspflicht. Außerdem sind periodische Ausbesserungen und Erneuerungen der Fahrbahnen auch wegen der natürlichen Abnutzung eingeplant. Beim Einbau der neuen Beläge ist darauf zu achten, dass der Korrosionsschutz auf der Unterseite von Blechen nicht durch die Thermische Einwirkung geschädigt wird.

Art der Beschichtung	Ertragbare Temperaturen ohne Schädigung
Leinöl-PVC oder Chlorkautschuk Basis	90°C
Phthalatharzbasis	140°C
Epoxydharzbasis	150°C

Aber auch der Temperatureinfluss auf das Bauwerk selbst sollte aufgrund möglicher thermisch induzierter Spannungen berücksichtigt werden.

### **2.7.2 Korrosionsschutz**

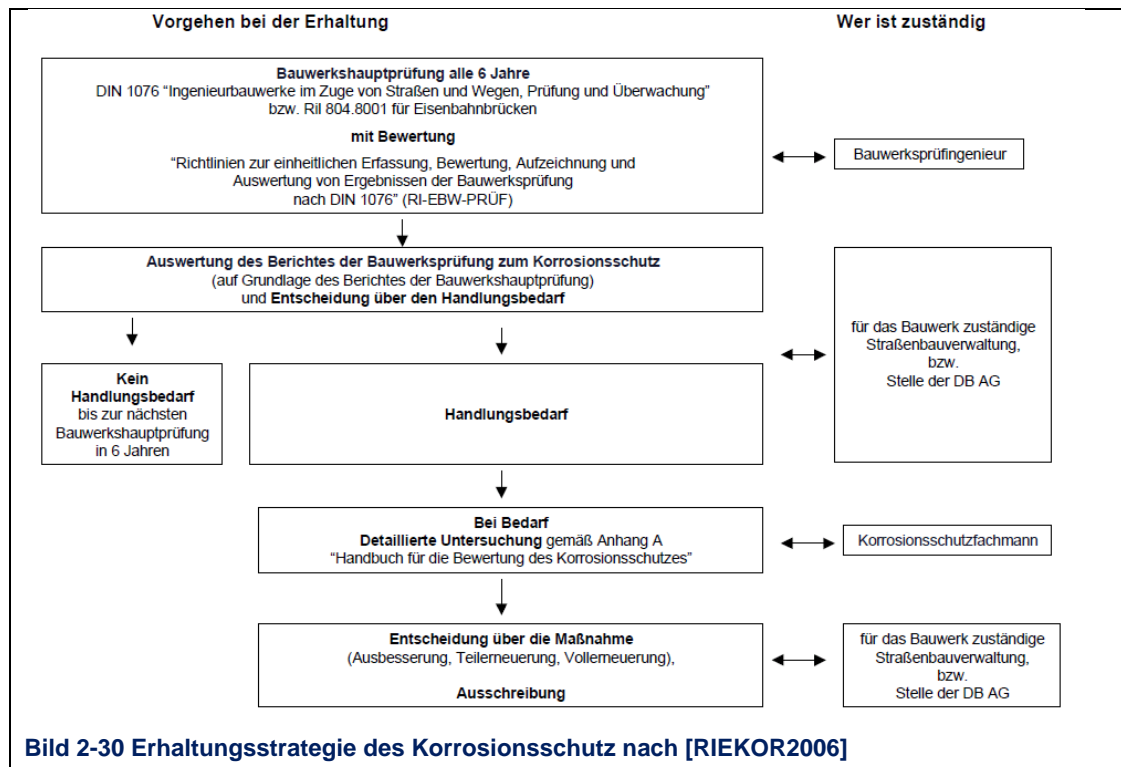
#### **Einführung**

Korrosionsfaktoren:

- Material
- Zeit
- Umgebung

Der Baustoff Stahl hat seinen Einsatz seiner Festigkeit, Zähigkeit, dem großen E-Modul bei geringem Materialeinsatz zu verdanken. Jedoch hat der allgemeine Baustahl den Nachteil, dass er an der Oberfläche mit Sauerstoff aus der Luft reagiert und Abrostungen entstehen, die den Querschnitt in seiner Tragfähigkeit schwächen. Dies geschieht aber nur beim Vorhandensein einer wässrigen Lösung in der der Luftsauerstoff gelöst wird. Es gibt daher verschiedene Möglichkeiten dem Dickenverlust entgegen zu wirken.

1. Beschichtungssystem gegen Wasser und Sauerstoffangriff vorsehen (Farb, Zink, oder Duplexsysteme)
2. Abrostungszuschläge hinzufügen
3. Korrosionsträge Stähle verwenden
4. Nichtrostende Stähle verwenden



**Bild 2-30 Erhaltungsstrategie des Korrosionsschutz nach [RIEKOR2006]**

### Erkennen und Auswirkungen von Korrosion

Die Brückenbauwerksbeschichtungen sind im Laufe ihres Lebens mannigfaltigen Beanspruchungen ausgesetzt, zu denen mechanischer Abrieb, Verwitterung, chemischer Angriff und Abplatzungen zählen. Besondere Beachtung muss bei den genieteten oder geschraubten Konstruktionen erfolgen, da es bei diesen häufig zu Rosterscheinungen kommt, wenn nicht planflächige Elemente beim Verbinden Zwischenräume bilden konnten (Spaltkorrosion). Durch die danach folgenden sogenannten Rostaufreibungen (infolge Volumenzunahme) kommt es zu einer Erhöhung der Kerbwirkung und damit zu einer Minderung der Ermüdungsfestigkeit. Für die Schichtdickenmessung von Beschichtungen an Stahlbauteilen gibt es zerstörungsfreie wie auch zerstörungsarme Verfahren, die sich ohne größeren Aufwand an den gereinigten Bauteilen durchführen lassen. Messungen können dabei entweder auf der Basis der optischen oder elektrischen Methode aufbauen. Bei den elektrischen Verfahren wird zum feststellen nichtmagnetischer Schichtdicken auf magnetisierbaren Untergrund die magnetische Induktion verwendet und bei nichtmagnetisierbaren Untergründen das Wirbelstromverfahren (inklusive galvanischen Schichten). Beim optischen Keilschnittverfahren werden definierte Risse gesetzt und mit einem Messmikroskop die Schnittflanken ausgemessen. Schichtstärken bis 2mm lassen sich mit den Verfahren ermitteln. Bei verzinkten Bauteilen kommen am sichersten die elektrochemischen oder metallographischen Verfahren zum Einsatz.

Bei magnetisch Vergleichenden Untersuchungen ist eine vorherige Kalibrierung für genaue Ergebnisse extrem wichtig. Wenn die Ist-Stärken gemessen wurden sind kann ein Abgleich mit den Solldickenwerten aus dem Bauwerksbuch erfolgen und der Abnutzungsgrad errechnet werden. Flächen mit Sichtbaren Rostverfärbungen sind auf Risse der Beschichtung zu prüfen. Der übrige Teil sollte nach einem Zufallsprinzip an verschiedenen Stellen kontrolliert werden, um auszuschließen, dass nur an zugänglichen Orten geprüft wird. Der allgemeine Dickenabbau liegt bei Beschichtungen zwischen 1-5  $\mu\text{m}$  und hängt von Umweltbelastungen der Luft und dem Kleinklima an der eingesetzten Stelle ab. Als Kleinklima bezeichnet man die an der kritischen Stelle des zu untersuchenden Bauteils vorherrschenden Einflüsse wie, Ablaufmöglichkeiten, Wetter oder Schlagregenseite, Belüftung und UV Einstrahlung. Mögliche Korrosionserscheinungen sind durch den Prüferingenieur zu erkennen und nach dem Grad ihrer Schädlichkeit einzuordnen.

Mängel/Schäden	Messung bzw. Bewertung nach
Schichtdickenabbau	DIN EN ISO 2808
Rostgrad	DIN ISO 4628-3
Abblätterungen	DIN ISO 4628-5
Blasenbildung	DIN ISO 4628-2
Rissbildung	DIN ISO 4628-4
Farbveränderung	-
Glanzverlust	-
Haftfestigkeitsverlust, Unterrostung, Unterwanderung	-
Spaltkorrosion	-
Kontaktkorrosion	-
Kantenkorrosion	-
Korrosion an Verbindungsmitteln	-
Austritterscheinungen von Seilverfüllmitteln an beschichteten Seilen	-

**Bild 2-31 Mängel/Schäden an Korrosionsschutzsystemen und entsprechende Normen soweit vorhanden [RIEKOR2006]**

So kann z.B. ein Schichtdickenabbau einer Stahlkonstruktion bis zu einer Stärke von 200  $\mu\text{m}$  als nicht beeinträchtigend eingeschätzt werden. Ein nächster Schritt sind die Risse, Blasen oder punktförmige Rostbildung, welche eine erhöhte örtliche Belastung durch z.B. aggressive Stoffe, für den Korrosionsschutz darstellt. Bei punktförmigen Erscheinungen sind höchstwahrscheinlich unzureichende Oberflächenvorbehandlung, zu geringe Schichtstärke oder Porenbildung im Beschichtungsstoff die Ursachen. Eine Aufbesserung ist noch nicht nötig wird aber in der nächsten Zeit unumgänglich sein. Beim Abblättern von Beschichtungen tritt sogar ein völliger Verlust der Schutzwirkung ein, welcher damit begründet wird, das beim aufbringen Restfeuchten vorhanden waren oder sich Schichten nicht ordentlich miteinander verbinden konnten.

Sowohl hier wie auch bei anderen Flächenrosterscheinungen (z.B. Unterrostungen) ist eine sofortige ganzheitlich Erneuerung der Beschichtung zu veranlassen. Bei Verwendung von Metallen, welche unterschiedliche Spannungspotentiale aufweisen, ist darauf zu achten, dass diese durch geeignete Isolationsmaßnahmen voneinander getrennt werden. Ansonsten löst sich beim Vorhandsein einer wässrigen Lösung das unedlere Metall auf (Kontaktkorrosion).

### **Zustandsbewertung des Korrosionsschutzes**

Für den Fall das Korrosionsschutzmängel entdeckt werden, empfiehlt die RI-EBW-PRÜF ab einer Beschichtungsfläche von 5000m<sup>2</sup> die Auswertung nach der RI-ERH-KOR mit eventueller Einbeziehung der RI-WI-BRÜ (Wirtschaftlichkeitsuntersuchung).

Erhaltungsmaßnahme	Beschreibung nach RI-ERH-KOR vgl. [RIEKOR2006]
Ausbesserung	Die Ausbesserung ist das Wiederherstellen des Korrosionsschutzes durch Aufbringen geeigneter Korrosionsschutzsysteme an kleinflächigen Fehlstellen.
Teilerneuerung	Die Teilerneuerung ist das Wiederherstellen des Korrosionsschutzes durch Aufbringen geeigneter Korrosionsschutzsysteme an Fehlstellen und das Aufbringen von mindestens einer ganzflächigen Deckbeschichtung.
Vollerneuerung	Die Vollerneuerung ist das restlose Entfernen der alten Korrosionsschutzbeschichtung und das Aufbringen eines neuen Korrosionsschutzsystems.

Die Frage die sich am Ende der Begutachtung stellt, ist wie nun die festgestellten Schäden einzustufen sind und welche Maßnahmen daraus erforderlich werden. In der RI-ERH-KOR werden daher Möglichkeiten beschrieben, wie Untersuchungen durchzuführen sind und welche Grenzwerte für die Auswertung heranzuziehen sind. Nach der Begutachtung muss für das Bauwerk eine Schadensklasse benannt oder wenn dies für das gesamte Brückenbauwerk nicht einheitlich möglich ist, eine Einteilung der Struktur in verschiedene Bereiche mit der für die entsprechenden Stellen zutreffenden Schadensklassen vorgenommen werden.

- Beispiel für abgestufte Mängel und Schäden nach RI-ERH-KOR:
  - Bereiche ohne Sichtbare Mängel (SK 0)
  - Bereiche mit sichtbaren Mängeln (SK 1, SK2)
  - Bereiche mit sichtbaren Schäden (SK 3, SK 4, SK 5)

Hilfreich für eine spezifische Auswertung und eine anschließend zweckoptimierte Lösung kann auch das weitere einteilen des Bauwerkes in folgende Bereiche sein:

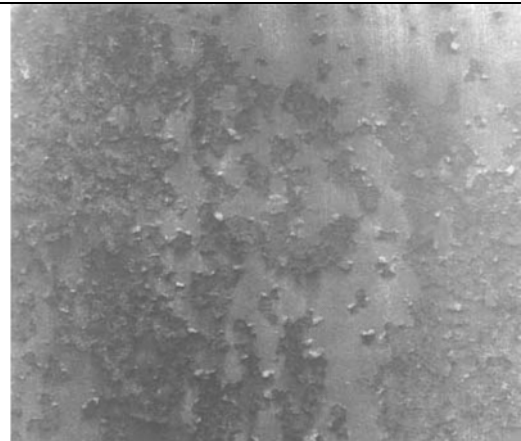
- Bereiche gleicher Belastungen
- Bereiche mit Sondercharakter (Sind Stellen mit häufigen Auftreten von Korrosionserscheinungen, sie sind unabhängig von der Restfläche zu bewerten)
  - o Schraubenverbindung, Niete, Bolzen, Schweißnähte
  - o Kanten, Fugen, Spalte, Flansche
- Bereiche mit gleichen Beschichtungssystemen

Um nun eine Einteilung in Schadensklassen vornehmen zu können müssen die Flächenanteile und Ausmaße der Korrosion durch ein Bewertungssystem aufgenommen und der entsprechenden Klasse zugeordnet werden. Diese Einteilung kann entweder mit fotografischen Vergleichsbildern oder mit einer Prozentberechnung und einer dazugehörigen Tabelle erfolgen.

Beispiel für fotografische Vergleichsbilder



**Bild 2-32 Rostgrad Ri 1 [DINENISO4628]**



**Bild 2-33 Rostgrad Ri 5 [DINENISO4628]**

Wenn punkt- oder flächenhafte Durchrostungen festgestellt werden, sind die Flächengrößen auf denen diese Erscheinungen vorkommen zu schätzen und auf die Gesamtfläche des Bauwerks in Prozent zu beziehen (DIN EN ISO 4628-3). Flächenhafte Durchrostungen werden unter Angabe der Größe in m<sup>2</sup>, Durchrostung und Lage am Bauwerk einzeln beschrieben. Bei punktförmigen Durchrostungen ist bezogen auf die vorkommende Fläche der Rostgrad „Ri“ zu bestimmen welcher für die Einschätzung der Schadensklassen notwendig ist.



Rostgrad Ri nach DIN EN ISO 4628-3	Rostfläche
Ri 0	0 %
Ri 1	0,05 %
Ri 2	0,5 %
Ri 3	1 %
Ri 4	8 %
Ri 5	40 % bis 50 %

**Bild 2-34 Rostgrad und Anteil der Rostfläche auf der betrachteten Fläche [RIEKOR2006]**

Ähnliche Tabellen und Bilder werden für das Abblättern (DIN ISO 4628-5), für Blasenbildung (DIN ISO 4628-2) und für Risse (DIN ISO 4628-4) eingesetzt. Dabei stellt die Zahl 5 nach Schulnotensystem immer die schlechtmöglichste Beschaffenheit des Mangels und die höchste Häufigkeit seines Auftretens dar.

Bewertung Menge von Ablätterungen		Beispiele zum Bewerten von Blasen
Kennwert	Anteil der Fläche, von der die Beschichtung abgeblättert ist	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 0 (S0)      keine Blasen,</li> <li>– 1 (S1)      wenige, kleine Blasen,</li> <li>– 1 (S5)      wenige, sehr große Blasen,</li> <li>– 5 (S1)      sehr viele, kleine Blasen,</li> <li>– 5 (S5)      sehr viele, sehr große Blasen.</li> </ul> <p><b>Bild 2-36 Bewertung von Blasen [RIEKOR2006]</b></p>
0	0 %	
1	0,1 %	
2	0,3 %	
3	1 %	
4	3 %	
5	15 %	

**Bild 2-35 Kennwerte zum Bewerten des Flächenanteils des Abblätterns [RIEKOR2006]**


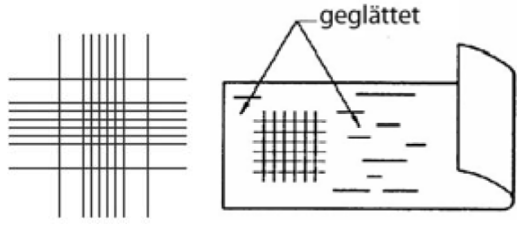
Weiter Bewertungskriterien sind:

- Kreidung DIN ISO 4628-6
- Glanzveränderung DIN 67 530
- Risse DIN ISO 4628-4
- Farbveränderungen (eventuell mit Rückstellmustern) ansonsten nur mit Worten definieren

Schichtdicken von Beschichtungssystemen auf Stahlbauten bedürfen, wie oben angegeben bis zu einer Abminderung auf  $200\mu m$  keiner Instandsetzung, erst ab  $160\mu m$  sollte eine Aufbesserung des Schutzes erfolgen.

Haftfestigkeitsuntersuchungen erfolgen über:

- Abreißversuch DIN EN ISO 4624
- $< 250\mu m$  Gitterschnittprüfung DIN EN ISO 2409
- $> 250\mu m$  Kreuzschnittprüfung ASTM D 3359

Kreuzschnittprüfung $> 250\mu m$	Gitterschnittprüfung $< 250\mu m$
 <p><b>Bild 2-37 Kreuzschnittprüfung ASTM D 3359 [Zehntner2010]</b></p>	 <p><b>Bild 2-38 Gitterschnittprüfung DIN EN ISO 2409 [Zehntner2010]</b></p>

Beide Prüfungen müssen durch Fotos dokumentiert werden und fließen letztendlich in die Entscheidung zur Bewertung der Schadensklasse ein.

Beispiel für die Auswertung von Kreuzschnittprüfungen nach RI-ERH-KOR (nach ASTM umgekehrte Zahlenfolge)

Kreuzschnittkennwert (Kt)	Beschreibung des Kt-Bildes	Beschreibung der Intensität des Haftfestigkeitsverlustes
0	Schnitttränder sind vollkommen glatt; kein Abblättern oder Entfernen der Beschichtung	keine
1	Spuren von Abblättern oder Abplatzung der Beschichtung entlang den Einschnitten oder am Kreuzpunkt	sehr gering
2	Gezackte Abplatzungen entlang der Einschnitte bis zu 1,6 mm auf jeder Seite	gering
3	Gezackte Abplatzungen entlang der Einschnitte bis zu 3,2 mm auf jeder Seite	mittel
4	Abplatzungen auf fast dem gesamten X - Bereich.	stark
5	Jedes Abplatzen, das nicht mehr als Stufe 4 zu werten ist.	sehr stark

**Bild 2-39 Auswertung Kreuzschnittprüfung [RIEKOR2006]**

## 2 Theoretische Aspekte über Bestandsuntersuchung von Brücken

### 2.7 Prüfungsschwerpunkte für Stahlbrücken

Schadensklasse (SK) Auswirkungen	Mängel bzw. Schäden nach den R-EBW-PRÜF  Beispiel	Empfehlung über ein- zuleitende Maßnahmen	Schadensbewertung (nach den R-EBW-PRÜF)		
			S <sup>a)</sup> Stand- sicher- heit	Note V <sup>a)</sup> Verkehrssicherheit	D Dauer- haftig- keit
SK 0 Keine Mängel			0	0	0
SK 1 Sehr leichte Mängel  Ohne Einschränkung der Bauwerksnutzung und ohne Folgen für den Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Glanzverlust und/oder Farbveränderung Kreidung, Ausbleichen der Beschichtung,</li> <li>- Mittelwert der Schichtdicke der Beschichtung zu gering, d.h. größer gleich 90 % der Sollsichtdicke jedoch nicht kleiner als 200 µm, wenn Sollsichtdicke unbekannt,</li> <li>- örtliche Durchrostung der Beschichtung, Rostgrad Ri 1 bis Ri 2</li> </ul>	keine	0	0	0
SK 2 Leichte Mängel  Ohne Einschränkung der Bauwerksnutzung, jedoch mit verkürzender Wirkung auf die Schutzdauer des Korrosionsschutzsystems	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starke Schmutz- bzw. Salzablagerung oder starke Bemoosung</li> <li>- Mittelwert der Schichtdicke der Beschichtung zu gering, d.h. kleiner 90 % bis 75 % der Sollsichtdicke jedoch nicht kleiner als 160 µm, wenn Sollsichtdicke unbekannt</li> <li>- örtliche Durchrostung der Beschichtung, Rostgrad Ri 3 bis Ri 4</li> <li>- großflächige Durchrostung der Beschichtung bis Rostgrad Ri 1 bis Ri 2</li> <li>- vereinzelte Risse in der Beschichtung nicht bis zum Stahl, kein Rostaustritt</li> <li>- vereinzelt Abblätterungen und/oder Blasen in der Beschichtung nicht vom Stahl</li> </ul>	Ausbesserung im Rahmen der Bauwerksunterhaltung bzw. Meldung und langfristige Planung einer detaillierten Untersuchung	0	0	1
SK 3 Mittelschwere Schäden  Noch ohne Einschränkung der Bauwerksnutzung, aber mit deutlicher Beeinträchtigung der weiteren Schutzfunktion des Korrosionsschutzsystems	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starke Vogelkotablagerung</li> <li>- Mittelwert der Schichtdicke der Beschichtung zu gering, d.h. kleiner 75 % bis 50 % der Sollsichtdicke jedoch nicht kleiner als 120 µm, wenn Sollsichtdicke unbekannt</li> <li>- örtliche Durchrostung der Beschichtung, Rostgrad Ri 4 bis Ri 5, ohne Substanzverlust</li> <li>- großflächige Durchrostung der Beschichtung bis zu Rostgrad Ri 3</li> <li>- Rostaustritt aus den Spalten ohne sichtbaren Substanzverlust (Spaltkorrosion)</li> <li>- Durchrostung an den Kanten</li> <li>- Durchrostung im Bereich der Nietköpfe/Schrauben</li> <li>- großflächiges Auftreten von Rissen in der Beschichtung nicht bis zum Stahl, kein Rostaustritt</li> <li>- großflächiges Auftreten von Abblätterungen und/oder Blasen der Beschichtung nicht vom Stahl</li> <li>- vereinzelt Abblätterungen und/oder Blasen in der Beschichtung vom Stahl</li> </ul>	Schadenbeseitigung mittelfristig erforderlich. Kurzfristige Planung einer detaillierten Untersuchung, ggf. Teilerneuerung	0	0	2
SK 4 Schwere Schäden  Mit bald zu erwartender Einschränkung der Bauwerksnutzung infolge Verlust jeglicher Schutzfunktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- großflächige Durchrostung der Beschichtung mit Rostgrad Ri 4 bis Ri 5 ohne Substanzverlust</li> <li>- Risse in der Beschichtung bis zum Stahl mit Rostaustritt</li> <li>- großflächiges Auftreten von Abblätterungen und/oder Blasen der Beschichtung vom Stahl</li> <li>- beginnende Querschnittsminderung durch Korrosion</li> </ul>	Schadenbeseitigung kurzfristig erforderlich. Durchführung einer detaillierten Untersuchung und i. d. R. Vollemeruerung	0 oder 1	0 oder 1	3
SK 5 Sehr schwere Schäden  Mit sofortiger Einschränkung der Nutzung infolge unkontrollierten Korrosionsfortschrittes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fortgeschrittene Querschnittsminderung durch Korrosion</li> <li>- starke Querschnittsminderung durch Korrosion und/oder Kerbwirkung</li> </ul>	umgehende Durchführung einer Vollemeruerung	2 bis 4	0 bis 4	4
*) Die Bewertungen bzgl. Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit erfolgen immer unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und können deshalb variieren.					

**Bild 2-40 Bewertung des Korrosionsschutzes von Hauptbauteilen von Stahlbauten (Stahlüber- und unterbauten) [RIEKOR2006]**

Die RI-ERH-KOR beinhaltet außer der Hilfe für die Einteilung der Schadensklassen, auch eine Unterstützung zur Entscheidungsfindung für die durchzuführenden Maßnahmen, aufgrund der festgestellten Messwerte. Dazu stehen im Rahmen der 4 Fälle, keine Aktivität, Ausbesserung, Teilerneuerung und Vollerneuerung zugehörige Tabellen bereit.

Einschätzung im Überblick	
Die Flächen mit Durchrostungen	Mehr als 15 % der Gesamtfläche des Bauwerks bzw. des Bereiches
Punktförmige Durchrostung	Ri 4 oder Ri 5
Flächenhafte Durchrostung	häufig
Abblättern	Abblättern großflächig von mehreren Schichten oder des ganzen Systems
Blasengrad	≥ 3 (S3) oder ≥ 2 (S4) oder ≥ 4 (S2), vom Substrat ausgehend, nach DIN EN ISO 4628-2
Rissbildung	≥ 3, Risse bis zum Substrat, Rissbreite ≥ 3, nach DIN EN ISO 4628-4
Einschätzung im Detail	
Schichtdickenmessung	Gemessene Schichtdicke unter 50 % der Ausgangsschichtdicke bzw. unter 160 µm oder Deckbeschichtung abgewittert Gemessene Schichtdicke beträgt mehr als das Dreifache der Ausgangsschichtdicke
Abreißversuch	Abreißfestigkeit ≤ 5 N/mm² mit Bruchbild A/B
Gitterschnittprüfung	bei Gt = 3 min. 40 % Bruchbild A/B oder bei Gt = 4 min. 10 % Bruchbild A/B oder bei Gt = 5 min. Bruchbild A/B
Kreuzschnittprüfung	bei Kt = 3 min. 40 % Bruchbild A/B oder bei Kt = 4 min. 10 % Bruchbild A/B oder bei Kt = 5 min. Bruchbild A/B

**Bild 2-41 Beispiel für die Entscheidung „Vollerneuerung“ [RIEKOR2006]**

Am Ende des Verfahrensblaufes steht die Bewertung der Messflächen, die in einem Prüfbericht eingetragen wird. Eine Möglichkeit für den Aufbau dieser Prüfprotokolle befindet sich im Anhang der RI-ERH-KOR als Formblätter. Dabei stellt der Bericht eine Zusammenfassung der im vorangegangenen beschriebenen Prüfungen dar.

Nachdem die einzelnen Bewertungen aufgenommen wurden, muss eine zusammenfassende Bewertung des Zustandes aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse erfolgen. Aus dieser ist dann als Resümee eine Empfehlung für das weitere Vorgehen in Bezug auf den Korrosionsschutz zu formulieren. Dabei liegen die Hauptgesichtspunkte auf der Art der Erhaltungsmaßnahme und ihrer zeitlichen Dringlichkeit.

Weitere Normen und Hinweise sind in der ZTV-KOR und der RI-ERH-KOR nachzuschlagen.



Dickenverlust für Wetterfesten Baustahl einer bewitterten Seite $\Delta h$ nach ISO 9224	Einseitige Abrostungsrate für Wetterfesten Baustahl pro Jahr und Korrosionskategorie																									
$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = 10 r_{av} + (t - 10) r_{lin}$ <p><math>r_{av}</math> = jährliche Abrostungsrate in den ersten zehn Jahren</p> <p><math>r_{lin}</math> = jährliche Abrostungsrate in den späteren Jahren</p> <p><b>Bild 2-44 Dickenverlustberechnung nach ISO 9224 [StahlInfo2010]</b></p>	<table><tr><th></th><th colspan="2"><math>r_{av}</math></th><th colspan="2"><math>r_{lin}</math></th></tr><tr><th></th><th>min.</th><th>max.</th><th>min.</th><th>max.</th></tr><tr><td>C2</td><td>0,1</td><td>2</td><td>0,1</td><td>1</td></tr><tr><td>C3</td><td>2</td><td>8</td><td>1</td><td>5</td></tr><tr><td>C4</td><td>8</td><td>15</td><td>5</td><td>10</td></tr></table> <p><b>Bild 2-45 Abrostungsraten nach ISO 9224 [StahlInfo2010]</b></p>		$r_{av}$		$r_{lin}$			min.	max.	min.	max.	C2	0,1	2	0,1	1	C3	2	8	1	5	C4	8	15	5	10
	$r_{av}$		$r_{lin}$																							
	min.	max.	min.	max.																						
C2	0,1	2	0,1	1																						
C3	2	8	1	5																						
C4	8	15	5	10																						

Erwartete Nutzungsdauer	Korrosionsbelastung		
	Schwer	Mittel	Leicht
≤ 30 Jahre	1	0,8	–
> 30 Jahre	1,5	1,2	0,8

**Bild 2-46 Abrostungszuschläge für Wetterfesten Baustahl nach DAST 007, 1993 [StahlInfo2010]**

Weiterhin ist es sinnvoll zusammenfassend für das gesamte Bauwerk

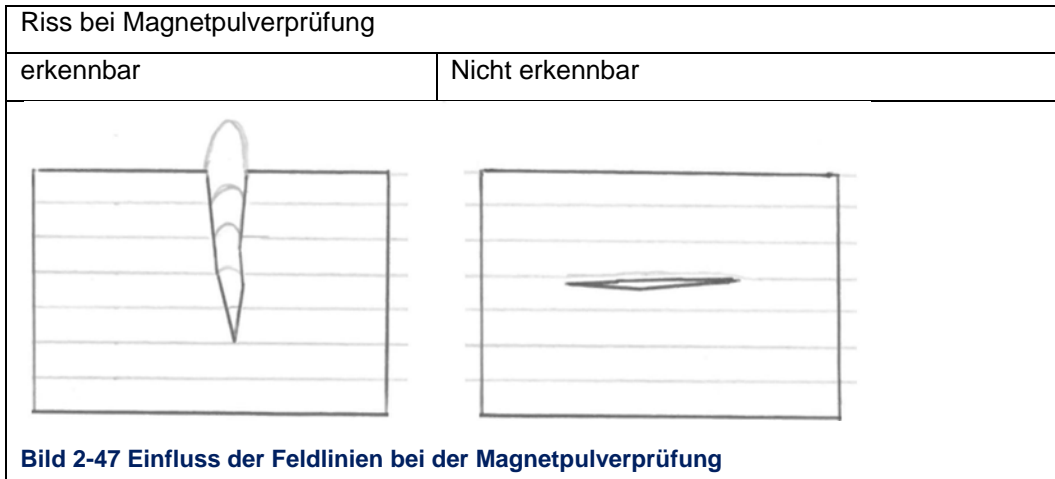
- die Restwanddicken,
- die Abrostungen (d.h. die Differenzen aus Ausgangswanddicke und Restwanddicke) sowie
- die Abrostungsraten (d.h. die Abrostungen dividiert durch das Alter der Bauwerkes zum Zeitpunkt der Wanddickenmessung) zu bestimmen, um Bewertungsmittel zu haben.

### 2.7.3 Schweißnähte

Durch Schweißnähte entstehen an zusammengesetzten Bauwerken meistens innere Spannungen, Kerben und Werkstoffbeeinflussungen durch Wärme. Da diese konstruktiven Verbindungsstellen oft eine Umlenkung des Kraftflusses und somit eine erhöhte Beanspruchung des Materials verursachen, können sie Auslöser für Ermüdungsrisse sein. Da Ermüdungsrisse erst im Laufe eines Bauwerkslebens entstehen müssen die Bereiche der Schweißnähte speziell auf Risse in ihrem Einflussbereich untersucht werden. In einem Zufallsprinzip sind hier wieder stark beanspruchte Schweißnähte für eine Überprüfung auszuwählen.



Sind dabei Farbabplatzungen festzustellen, kann dies ein Anzeichen für eventuelle bis zur Oberfläche reichende Risse sein und muss mit einer Oberflächenrissprüfung kontrolliert werden. Zur Anwendung kommen hier das Farbeindringverfahren oder die Magnetpulverprüfung, wobei beim erstgenannten die Beschichtung entfernt werden muss und beim zweiten Verfahren auch Risse unter der Farbe erkannt werden können, jedoch nur Risse die quer zu den Feldlinien liegen erkannt werden.



Bei Rissen und Fehlstellen die tiefer in den Nähten liegen werden Ultraschalldurchstrahlungsprüfungen eingesetzt, wobei darauf hinzuweisen ist, dass diese Verfahren erfahrene und ausgebildete Prüfer und teure Gerätetechnik verlangen. Zur Art der Häufigkeit von Prüfstellen bei gefundenen Inhomogenitäten wird in der Literatur angestrebt an zwei weiteren identischen Stellen zu prüfen, in denen ein Fehler diagnostiziert wurde. Werden erneut Fehler gefunden sollen wieder je Fehler 2 weitere gleichartige Stellen geprüft werden. Für die weitere Bewertung bei aufgedeckten Rissen kann eine Einschätzung durch bruchmechanische Untersuchungen erfolgen.

Methode	Auffindbare Rissart	Bemerkungen
Sichtprüfung	Oberflächenrisse	Mit Hilfe von Vergrößerungsgläsern und entsprechender Erfahrung: gute Ergebnisse und Zuverlässigkeit
Magnetpulverprüfung	Oberflächenrisse	Nur für magnetisches Material
Farbeindringverfahren	Oberflächenrisse	Auch für nicht magnetisches Material geeignet
Durchstrahlungsprüfung	Oberflächenrisse und Riss im Bauteilinneren oder in verdeckten Profilen	Spezielle Prüfer mit spezieller Ausbildung und Zulassung erforderlich; bestimmte Schutzbereiche sind abzusperren
Ultraschallprüfung	Oberflächenrisse und Riss im Bauteilinneren, wobei nur unverdeckte liegende Profile untersucht werden können	Nicht anwendbar bei Schweißseisen
Wirbelstromprüfung	Riss an Nietlochwandungen	Bisher nur unter Laborbedingungen erprobt
Schallemissionsverfahren	Groblokalisierung aktiver Risse	Bisher nur unter Laborbedingungen erprobt; Zuverlässigkeit unbekannt

**Tabelle 2-7 Methoden zur Rissprüfung [Kühn2008]**

### **2.7.4 Niete und Schrauben**

Bei der Kontrolle von Verbindungsmitteln in Stahlbaukonstruktionen ist zu überprüfen, ob ein fester Sitz von Verschraubungen und Nieten vorhanden ist. Bei der Auswahl der zu prüfenden Bereiche können durch besondere Merkmale schon mögliche Schwachstellen lokalisiert werden. Ein deutliches Anzeichen für lockere Verschraubungen sind Rostverfärbungen am Übergang Schraubenkopf zum Bauteil. Sind solche Stellen vorhanden, werden die Verbindungsmittel mit einem Prüfhammer (<300g) abgeklopft und aufgrund von Klangunterschieden kann ein lockere Verbindung aufgezeigt werden. Gleitfeste-HV Verbindungen sollen durch Nachspannen auf festen Sitz überprüft werden, dabei werden die Drehmomentschlüssel um 10% höher eingestellt, um die Reibung zu berücksichtigen. Die Schrauben sollten sich bei der Kontrolle nicht weiterdrehen lassen und eine Anzahl von 5-20% soll für das Überprüfen zufallsmäßig nachgezogen werden. Ist ein lockerer Niet oder Schraube entdeckt worden, wird empfohlen mindestens 2 weitere Verbindungsmittel in der Nähe oder an gleichartiger Stelle zu prüfen.

### **2.7.5 Seile und Zugelemente**

Diese Bauteile sind sehr gefährdet für Spannungsrisskorrosion, da sie meist eine hohe Festigkeit mit geringer Bruchdehnung besitzen und sind somit nach möglichen Angriffspunkten abzusuchen. Bei kleinen Zugelementen werden für die Kontrolle der gesamten Länge oft Hubsteigergeräte eingesetzt, bei längeren und größeren Querschnitten werden Kabelfahrergeräte bevorzugt. Mit Hilfe dieser visuellen Inspektion können Abwitterungen von Versiegelungen, äußere Drahtbrüche und Anrostungen festgestellt werden. Für Bereiche der Verankerung benutzt man für die Unterstützung der Beobachtung Endoskope, die einen Zugang in schwer zu erreichende Stellen ermöglichen. Zum aufdecken von Drahtbrüchen im Inneren der Seile werden magnetinduktive Verfahren eingesetzt. Sind bei den Untersuchungen Fehlstellen zu diagnostizieren oder ist keine genauere Aussage über den Zustand möglich, müssen die Bauelemente ausgebaut und in einem Labor genauer untersucht werden.



## 2.7.6 Brückenausstattung

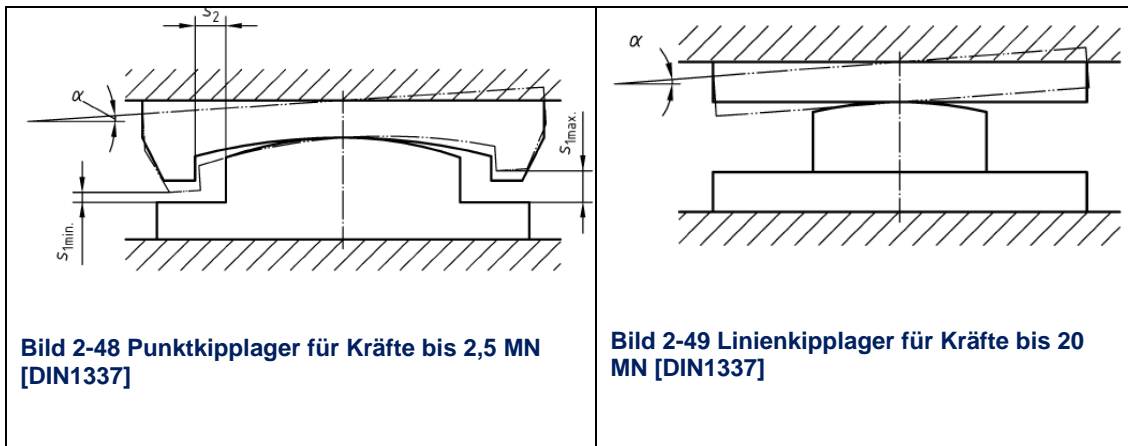
### Lager

Die Beurteilung der Lagerung ist prinzipiell nur im Gesamtsystem des Tragwerkes einschließlich der Gründung möglich, da sie aufgrund ihrer Anordnung der Bewegung von Pfeilern und Gründung folgen. Ihre Aufgabe ist die Übertragung der Vertikallasten zwischen den Bauteilen Überbau – Lager – Unterbau innerhalb möglichst enger Wirkungsgrenzen.

Der erste Schritt besteht wieder in einer äußeren Sichtkontrolle, um Zustand und Stellung der Lager zu überprüfen.

Ausrüstungsgegenstände für Lagerprüfung nach DIN 1337-10 vgl. [DIN1337]	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Pläne Zeichnungen</li><li>- Handbücher und Produktspezifikationen des Herstellers</li><li>- Beleuchtungsvorrichtungen</li><li>- Spiegel</li><li>- Reinigungsgeräte</li><li>- Werkzeuge zum Entfernen von Abdeckungen</li><li>- Fühlerlehre</li><li>- Lineal mit scharfen Rändern (Haarlineal)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Wasserwaage</li><li>- Winkelmesser</li><li>- Schublehre</li><li>- Schichtdickenmessgerät für Korrosionsschutzbeschichtung</li><li>- Werkzeug für Messung von Rissen</li><li>- Fernrohr</li><li>- Thermometer</li><li>- Kamera</li></ul>

Auf die Einbaulage und die Seriennummer ist dabei besonders zu achten, da es teilweise schon vorgekommen ist, das Lager verdreht eingebaut und somit die angenommene Bewegungsmöglichkeit nicht möglich war. Sollte sich keine Seriennummer am Lager befinden muss ein Nummerierungssystem mit einer spezifischen Nummer für jedes Lager eingeführt werden. Stahllager sind die älteste Bauform von Auflagern, sie gibt es als Linienkipplager und Punktkipplager, wobei ihre Kraftübertragung sehr konzentriert erfolgt. Ihr Einsatzspektrum ist deshalb auf eine relativ geringe Kraftübertragung beschränkt und liegt bei punktförmiger Kraftübertragung zwischen 500 - 2500 kN. Sie steigt bei Linienkipplager oder Rollenlagern dann bis auf 200 – 20000 kN Vertikalkraft.



Rollen- und Linienkipplager	Elastomerlager, Topflager, Kalottenlager, Gleitlager (Flächenlager)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringe Lastabtragung</li> <li>- Eingeschränkte Freiheitsgrade</li> <li>- Ungünstiges Versagensverhalten</li> <li>- Verformungs- und Verdrehungswiderstände durch Verschmutzung/Rost oft extrem hoch</li> <li>- wartungsbedürftig, verschleißanfällig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhere Lastabtragung</li> <li>- Alle Freiheitsgrade</li> <li>- Günstiges Versagensverhalten</li> <li>- Definierte Verformungs- und Verdrehungswiderstände</li> </ul> <p style="text-align: center;">ABER</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wartungsbedürftig, verschleißanfällig</li> <li>- Herstellung schwierig -Güteüberwachung</li> <li>- Einbau schwierig - Einbauüberwachung</li> </ul>

Sind intakte Anzeigevorrichtungen vorhanden werden hier die Istmaße abgelesen und notiert. Sollte dies nicht möglich sein, wird die Iststellung aufgemessen und unter Beachtung der Bauwerkstemperatur mit einer Sollstellung verglichen. Werden dabei Unregelmäßigkeiten festgestellt, ist die Ursache dafür meistens in der Verformung zu suchen. Eine Ursache könnten exzentrische Vertikallasten sein welche Zwängungen in sonst zwangsfreien Lagern hervorrufen oder das bei der Ermittlung von Lagerbewegungen nicht das Gesamttragwerk und seine Steifigkeit einbezogen wurde. Weiterhin können zufällig aufgetretene Setzungen des Baugrundes bei Stützen und Wiederlagern eine Möglichkeit der Ursachenforschung haben. Die Bauwerkstemperatur ist meist bei vorhandener Messeinrichtung und feststellbarer Größtbewegung durch unzerstörte Schmutzschichten auf den Gleitflächen nicht unbedingt zu bestimmen. Die Einflüsse von Sonneneinstrahlung, Witterung, Lufttemperatur im Schatten zum Zeitpunkt der Inspektion sollten aber immer für Rückschlüsse aufgezeichnet werden. Auch ein Hinweis zu Temperaturen der letzten Nacht kann im Nachhinein hilfreich sein.

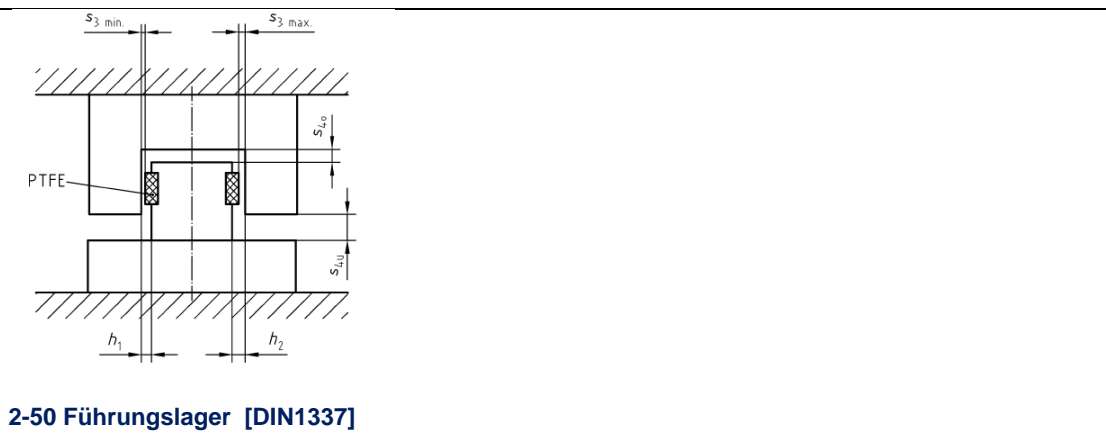
„Wenn eine genauere Abschätzung der Bauwerkstemperatur erforderlich ist, so darf diese aus der geschätzten niedrigsten effektiven Brückentemperatur „y °C“ des Tages hergeleitet werden“ [DIN1337]

Für stählerne Hohlkastenbrücken gilt (um 6 Uhr ± 1 Stunde):

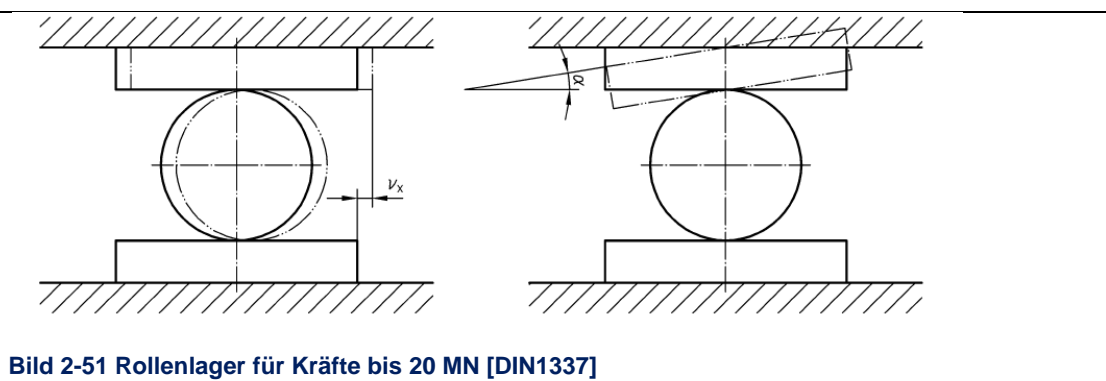
$$y = 1,1 \cdot x_3 - 1,3$$

Dabei ist  $x_3$  die niedrigste Schattentemperatur des Tages

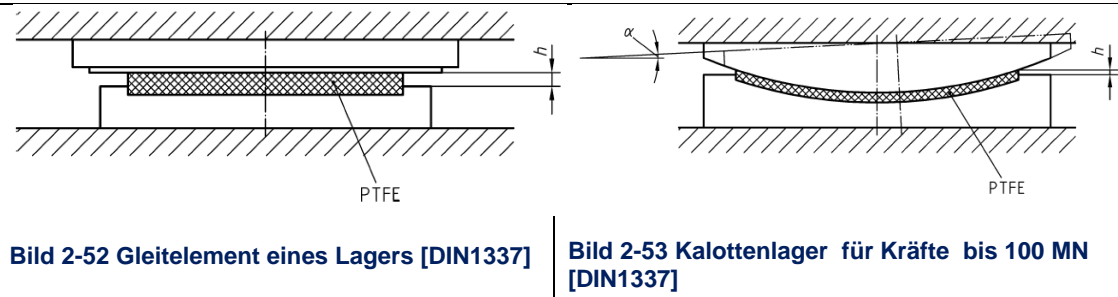
Die Messung von Verdrehungen ist von der Lagerart abhängig und beschränkt sich auf das Feststellen der aktuellen Verformung, da eine Nullebene häufig aufgrund vorgekrümmter Bauteile nicht vorhanden ist. In diesem Zusammenhang muss auch überprüft werden ob, genug Verformungsmöglichkeit in Abhängigkeit von Temperatur in den Lagern vorhanden ist.



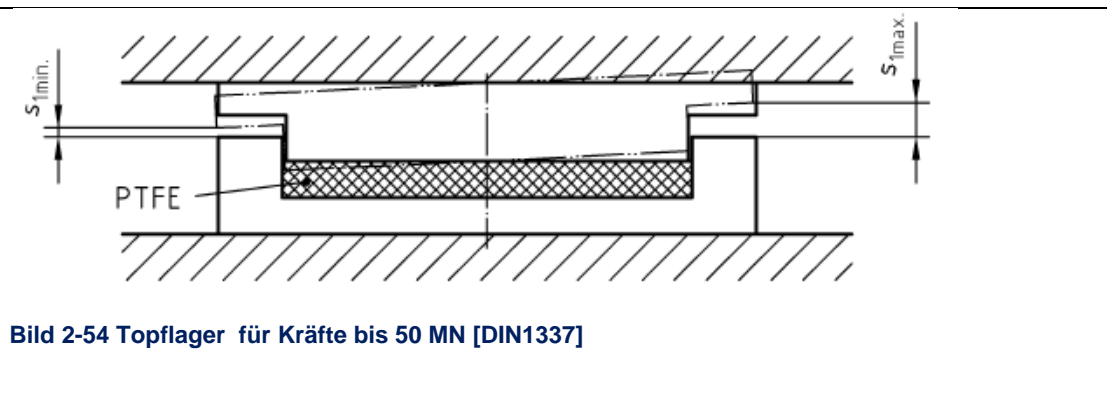
Bei Rollenlagern sind vor allem die Flächen der Lager auf Schmutz, Korrosion, Riefen oder Beschädigung hin zu prüfen, außerdem muss ein freies Bewegen der Lagerteile möglich sein. Gleitwege und damit eine enorme Beanspruchung der Lagerbauteile von 400m pro Jahr durch Verkehr und Temperatur sind keine Seltenheit. Die Rollen sind an ihren Auflagerflächen zu untersuchen, ob sie über ihre gesamte Kontaktlinie aufliegen und somit gleichmäßig die Kraft übertragen können.



Die Gruppe der Topf- und Kalottenlager können ebenfalls als Gleitlager eingesetzt werden und weil die zur Bewegung genutzte PTFE-Schicht einer großen Abnutzung unterliegt muss ihre Dicke überprüft werden. Eine Feststellung der Stärke erfolgt über die Messung des Gleitspaltes zwischen Gleit- und Trägerplatte.

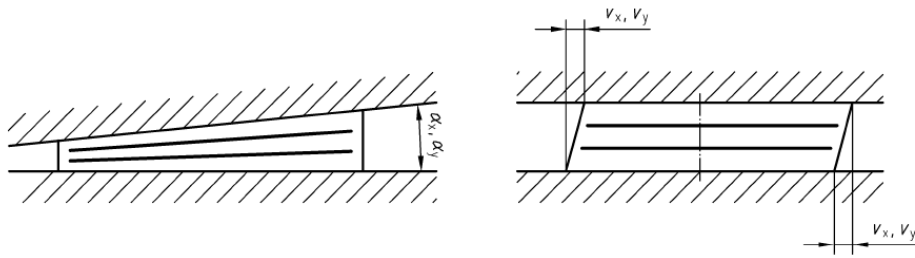


Weiterhin sollten die Gleitflächen auf Ebenheit sowie auf Verschmutzungen untersucht werden. Um eventuelle Beschädigungen frühzeitig zu erkennen oder gar für die Zukunft auszuschließen ist es wichtig die Lagerflächen auf möglichen Korrosionsangriff zu untersuchen. Zusätzlich sind die Topfdichtungen und die Lagerschmierung (Fettung) zu kontrollieren. Der Kippspalt ist zu messen und mit den Ausgangswerten zu vergleichen, bei eventuellen Führungen ist das größte Spiel der Gleitfuge zu messen.



Bei der Gruppe der Elastomerlager kommt es darauf an, den Elastomer auf Risse zu überprüfen und die feste Verbindung zur Konstruktion zu kontrollieren. Elastomerlager werden im Brückenbau immer als Bewehrt ausgeführt, dh. in den Verformungswerkstoff werden Stahlbleche eingelegt, diese verhindern somit die freie Verformung des Elastomers unter vertikaler Beanspruchung. Eine gleichmäßige Verformung (Ausbeulung) des Lagers ist normal, wohingegen ein unsymmetrisches Bewegungsbild Anzeichen für Fehlbeanspruchung oder falsche Anordnung der Stahlplatten sein kann.

$\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $v_x$  und  $v_y$  sind zu protokollieren.



**Bild 2-55 Elastomerlager je nach Größe und Schichtenanzahl für Kräfte von 4 - 35 MN [DIN1337]**

Eine schubsichere Verbindung der Lager mit den Bauwerksteilen (Unter-/Überbau) wird bei geringer Auflast und somit unzureichender Reibung (Kraftschluss) über Kopfbolzendübel, Schrauben oder mit Schweißverbindung sichergestellt. Diese Verbindungen sind wenn zugänglich ebenfalls auf augenscheinliche Unregelmäßigkeiten zu kontrollieren. Das direkte kontrollieren von Stütz- und Auflagerkräften ist nur bei entsprechenden vorhandenen Kraftmessdosen, die meist in Topflagern ihre Anwendung finden möglich. Da diese Messtechnik nur in Einzelfällen eingebaut wird, beschränkt sich bei Lagern ohne diese Ablesemöglichkeit das Überwachen auf das Aufspüren von Frühwarnzeichen einer möglichen Überbeanspruchung. Bei Stahl- oder Verbundüberbauten sollten deshalb die entsprechenden Aussteifungen im Auflagerbereich und die Ansatzpunkte für Pressen nach Rissen abgesucht werden. Zu den Unterlagen die nach DIN EN 1337-1 vorhanden sein müssen, um den Ingenieur bei der Überprüfung zu unterstützen, zählen der Lagerungsplan, der Lagerversetzungsplan und die Lagerliste. Aus einem Lagerungsplan einer Brücke sollten die Details der Lagerungspunkte ersichtlich werden und eine Übersichtszeichnung im Grundriss mit Darstellung der Lager (Symbole) vorhanden sein. Desweiteren sollte eine Liste mit den Anforderungen jedes Lagers und daraus die Möglichkeit der Zuordnung der Art der Lager an jeder Stelle bestehen. Hinweise zum Ein und Ausbau der Lager, wie zum Beispiel die Dicke der Mörtelfuge zwischen unterer Ankerplatte und Auflagerbank können auch aus diesem Dokument entnommen werden.

Die Norm für die Inspektion von Lagern ist die DIN 1337-10. Weiter wichtige Lagernormen sind:

<b>Lager im Bauwesen – Europäische Normung</b>		
DIN EN 1337-1	2001-02	Allgemeine Regelungen
DIN EN 1337-2	2004-07	Gleitteile
DIN EN 1337-3	2005-07	Elastomerlager
DIN EN 1337-4	2004-08	Rollenlager
DIN EN 1337-5	2005-07	Topflager
DIN EN 1337-6	2004-08	Kipplager
DIN EN 1337-7	2004-08	Kalotten- und Zylinderlager mit PTFE
pr EN 1337-8	2006-03	Führungslager und Festpunktlager
DIN EN 1337-9	1998-04	Schutz
DIN EN 1337-10	2003-11	Inspektion und Instandhaltung
DIN EN 1337-11	1998-04	Transport, Zwischenlagerung und Einbau
<b>DIN 4141: Lager im Bauwesen – Deutsche Norm</b>		
DIN V 4141-1	2003-05	Allgemeine Regelungen
DIN 4141-2	1984-09	Lagerung für Brücken
DIN 4141-2/A1	2003-05	Lagerung für Brücken: Änderung A1
DIN 4141-14	1985-09	Bewehrte Elastomerlager: Bauliche Durchbildung und Bemessung
DIN 4141-14/A1	2003-05	Bewehrte Elastomerlager: Bauliche Durchbildung und Bemessung; Änderung A1
DIN 4141-140	1991-01	Bewehrte Elastomerlager: Baustoffe, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung
DIN 4141-140/A1	2003-05	Bew. Elastomerlager: Baustoffe, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung; Änderung A1

**Tabelle 2-8 Regelwerk Übersicht nach [Mehlhorn2007]**

*„Dabei sollte beachtet werden, dass das Ziel der Inspektionen ist, die Abnutzung eines Lagers zu entdecken, bevor sie gefährlich wird und sicherzustellen, dass Abhilfemaßnahmen rechtzeitig ausgeführt werden.“ [DIN1337]*

Je nach Ergebnis der Inspektion ist einer der folgenden Schritte durchzuführen:

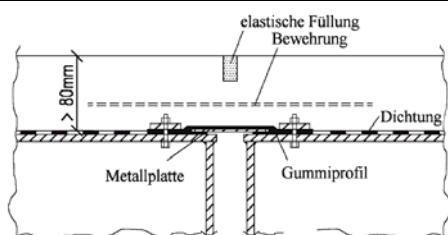
- keine Maßnahme
- weitere Messungen der Bewegungsfähigkeit (unter extremen Temperaturen, unterschiedlichen Lasten usw.);
- weitere Prüfverfahren;
- Instandsetzung (Lagerkorrektur, Auswechslung des gesamten Lagers oder von Teilen, Erneuerung oder Ergänzung des Korrosionsschutzes, Unterstopfen mit Mörtel usw.).

## Fahrbahnübergangskonstruktion

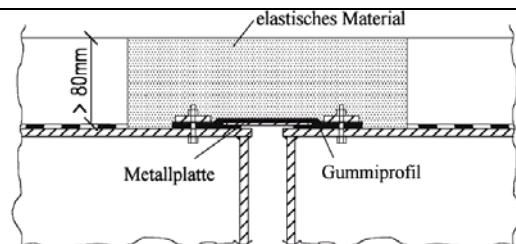
Die Fahrbahnübergänge sollen die Brückenfahrbahn harmonisch mit dem weiterführenden Straßenbau verbinden, sowie Längenänderungen infolge von Belastung und Temperatur kompensieren. Eine Verschiebung kann dabei in Längs, Quer oder Vertikalrichtung auftreten. Die Übergangskonstruktionen welche zum Ausgleich von Dilationen eingebaut werden unterliegen einer großen mechanischen und klimatischen Beanspruchung. Es ist demnach zu kontrollieren, ob die Vorrichtungen intakt sind und ob sich die Übergänge im geforderten Maße bewegen lassen. Weiterhin ist zu überprüfen, ob die Abstände zum Überbau eingehalten werden, das geschieht indem man nach möglichen Berührungspunkten oder Abschürfungen sucht. Da je nach Größe des Brückenbauwerks unterschiedliche Dehnstoßlängen benötigt werden, sind die zu überbrückenden Entfernungen in verschiedene Gruppen unterteilt, für die jeweils unterschiedliche Konstruktionslösungen zur Verfügung stehen. Auch können nicht alle Lösungen Querverschiebung oder Vertikalabsätze im unbegrenzten Maße ausgleichen und sind schwierig zu wechseln.

### Übergänge für kleine Bewegungen (bis 25 mm)

- Kontrolle des dauerelastischen Materials der Schnittfuge auf Risse und Fehlstellen
- Festen Verbund der Dichtung und Vergussmassen feststellen
- Wenn möglich von der Unterseite aus Dichtung auf Wasseraustritt prüfen
- Übergang zu Randkonstruktionen nach Stauchungen, Beulen oder Rissen absuchen



**Bild 2-56 Fahrbahnübergang ohne unterbrochene Belag bis 15 mm Stahlbrücke [Ramberger2002]**

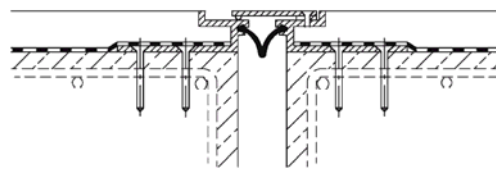


**Bild 2-57 Fahrbahnübergang mit unterbrochenen Belag bis 25 mm Stahlbrücke [Ramberger2002]**

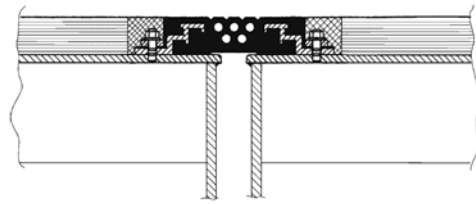
### Übergänge für mittelgroße Bewegungen (25 mm bis 80 mm)

- Kontrolle der Gummikissen und Lippen auf Einschnitte, Risse und festen Verbund
- Wenn möglich von der Unterseite aus Dichtung auf Wasseraustritt prüfen
- Deckblech auf Verwerfungen untersuchen
- Übergang zu Randkonstruktionen nach Stauchungen, Beulen oder Rissen absuchen
- Belagabschlussprofile auf festen Verbund prüfen





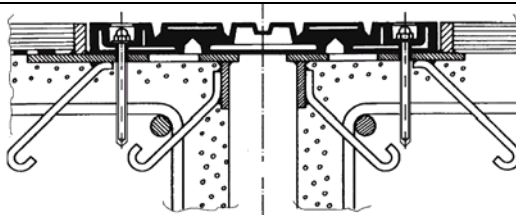
**Bild 2-58** Fahrbahnübergang mit Gummilippe bis 60 mm ohne Deckblech möglich [Ramberger2002]



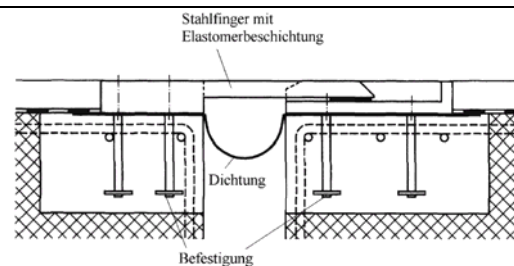
**Bild 2-59** Fahrbahnübergang mit Gummikissen [Ramberger2002]

**Übergänge für große Bewegungen (größer als 80 mm)**

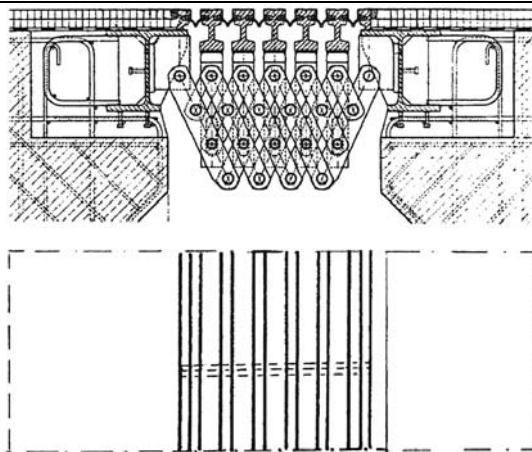
- Gummiprofile auf Einschnitte, Risse und Verformungen kontrollieren
- Gummiprofil auf festen Sitz prüfen
- Abschlussprofile und ihre Befestigung auf festen Anschluss zum übrigen Belag prüfen
- Freiräume auf Verschmutzung untersuchen
- Zustand der Steuereinrichtungen wie Federkästen, schräge Steuerelemente oder Scheren prüfen
- Federn, Bolzen, Gelenke auf Funktionstüchtigkeit und Schmierung untersuchen
- Verankerungen überprüfen



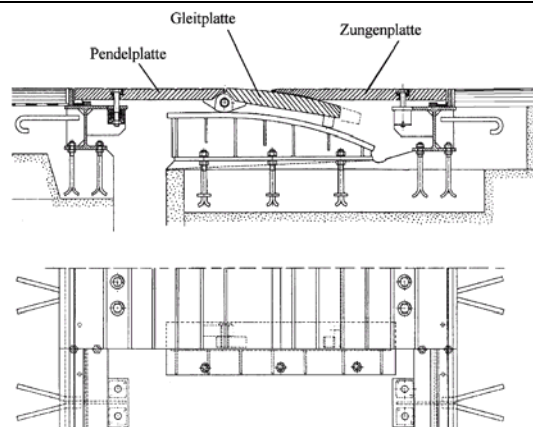
**Bild 2-60** Fahrbahnübergang mit bewehrten Gummikissen (mehreren Dehnfugen) bis 350 mm [Ramberger2002]



**Bild 2-61** Fahrbahnübergang mit gelagerten Fingern 300 mm [Ramberger2002]

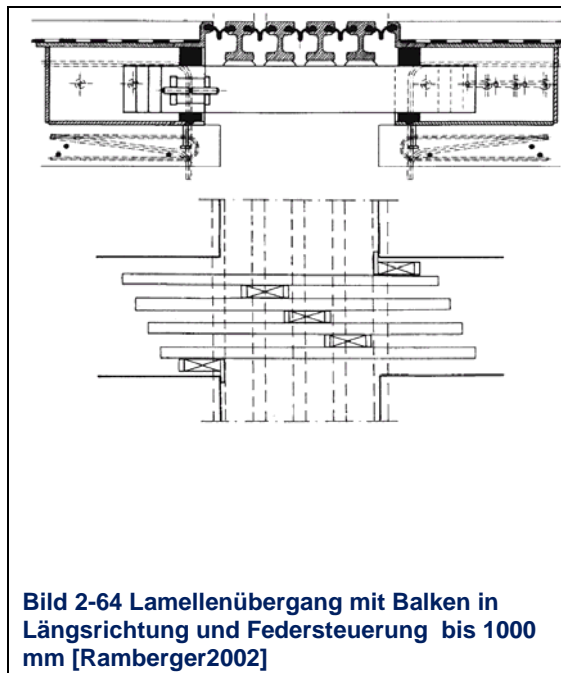


**Bild 2-62** Lamellenübergang mit Scherenunterstützung und Scherensteuerung bis 1000 mm [Ramberger2002]



**Bild 2-63** Gleitplattenübergang ab 300 mm [Ramberger2002]





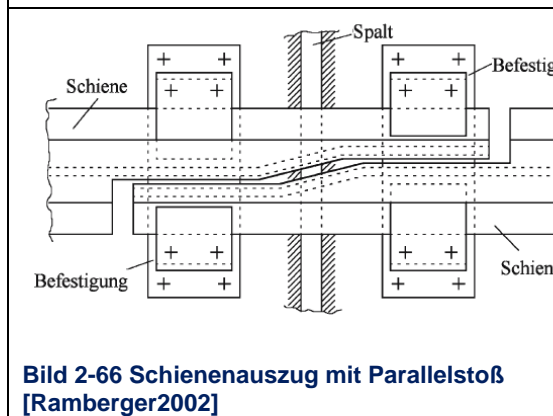
**Bild 2-64 Lamellenübergang mit Balken in Längsrichtung und Federsteuerung bis 1000 mm [Ramberger2002]**



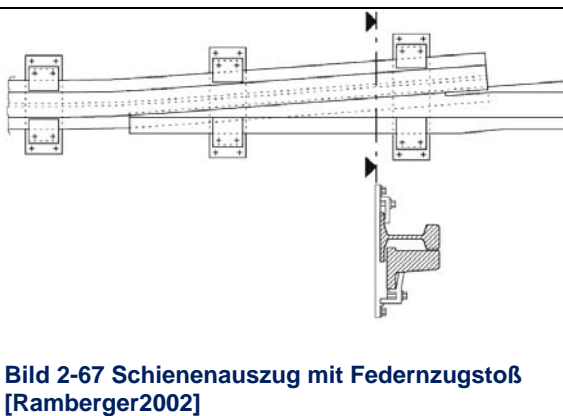
**Bild 2-65 Lamellenübergang mit Balken in Längsrichtung und Horizontalführungssteuerung bis 1000 mm [Ramberger2002]**

#### Schienenauszugsvorrichtungen

- Befestigung kontrollieren
- Verbindung auf Absätze und Abstände überprüfen
- Verschleiß der Schienen an der Übergangsstelle feststellen



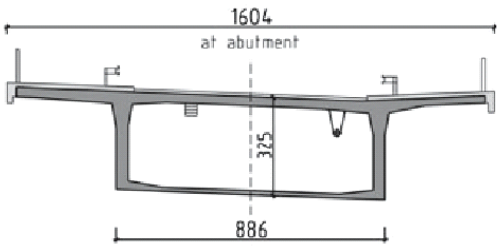

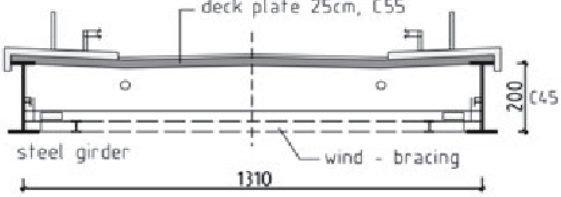
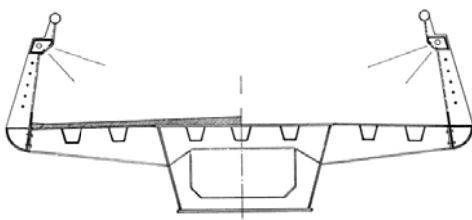
**Bild 2-66 Schienenauszug mit Parallelstoß [Ramberger2002]**



**Bild 2-67 Schienenauszug mit Federnzugstoß [Ramberger2002]**

### Randkappen und Geländer

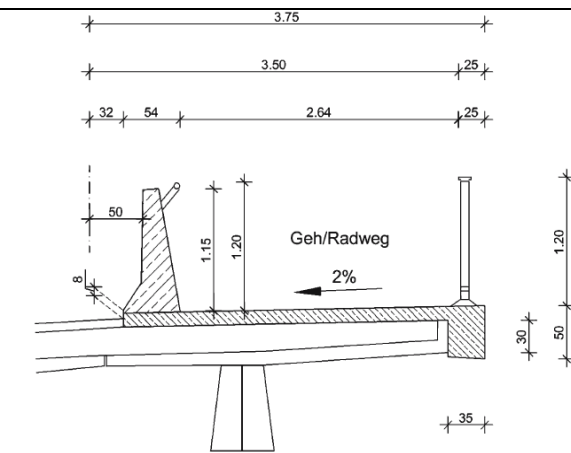
Bei Brückenbauwerken gibt es Varianten mit und ohne Randkappen, dies richtet sich meistens nach der Breite und dem Einsatzspektrum der Brücke. Straßenbrücken besitzen im Gegensatz zu Schienen, Fußgänger oder Radwegbrücken häufiger Randbegrenzungskappen. Dies ist schon allein wegen der Aufnahme von Leit- und Schutz Einrichtung nötig, um den Fußgänger vom Straßenverkehr zu trennen.

Brücken mit Randkappen	Brücken ohne Randkappen
 <p><b>Bild 2-68 Brückenquerschnitt mit Randkappe</b> [Mehlhorn2007]</p>	 <p><b>Bild 2-69 Brückenquerschnitt ohne Randkappe</b> [MetaTec2010]</p>
 <p><b>Bild 2-70 Brückenquerschnitt mit Randkappe</b> [Mehlhorn2007]</p>	 <p><b>Bild 2-71 Brückenquerschnitt ohne Kappe</b> [KiSmile2009]</p>

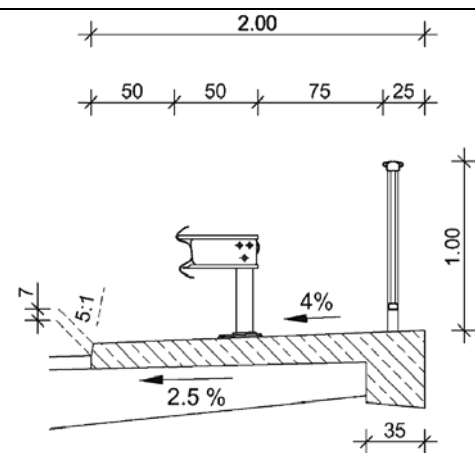
Einer der wichtigsten Punkte für die Inspektion ist die äußere Kontrolle des Zustandes des Teilbauwerkes, bei der auf Risse und Schäden durch Laugen geachtet werden muss. Hierbei ist wieder besonders den Verankerungspunkten von Schutzplanken und Geländern erhöhte Aufmerksamkeit zu schenken, da diese häufig im gefährdeten Spritzwasserbereich liegen und eine Sicherungsfunktion haben. Bei Geländern sind die lichten Abstände der Füllstäbe und die Höhe zu überprüfen, da sonst Absturzgefahr besteht. Bei der Kontrolle sollte auch auf die Art des Geländers Beachtung finden, denn nur außerhalb von Ortschaften und bei Dienstwegen von Eisenbahnbrücken dürfen Holmgeländer Anwendung finden. Die Geländerhöhe muss für Radfahrspuren mindestens 1,2 m betragen (nach den „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen“ 1,30 m) und kann bei Fußwegen um 20 cm verringert werden, wenn die Absturzhöhe kleiner 12 m ist, ansonsten nur um 10 cm. Dies ist aber nicht zu empfehlen, da es immer möglich ist das auch Fahrradfahrer diese Wege benutzen. Desweiteren sind Geländer auf Verformungen durch Anprall oder Zwängungen zu kontrollieren und der Korrosionsschutz sollte in jedem Bereich auf eventuelle Abplatzungen abgesucht werden. Für Schramborde und Schutzplanken gelten dieselben adäquaten Kontrollmaßnahmen. Ab einer Brückenlänge von 20 m sollte bei Straßenbrücken für den Fall eines Anpralls ein Stahlseil zum Verteilen der Last auf alle Geländerstützen vorhanden sein. Dieses ist zu überprüfen und wenn vorhanden müssen der Zustand und die Verankerung in Augenschein genommen werden.

Aluminiumgeländer sind wegen des fehlenden Anprallversuches nach DIN EM 1317 nicht mehr Stand der Technik und dürfen daher nicht mehr für die Absturzsicherung an Brücken verwendet werden vgl. [ZTVING2009] .

**Beispiele für Randkappen mit Schutzeinrichtung**



**Bild 2-72 Beispiel für Randkappe mit Schutzeinrichtung [RIZING2003]**

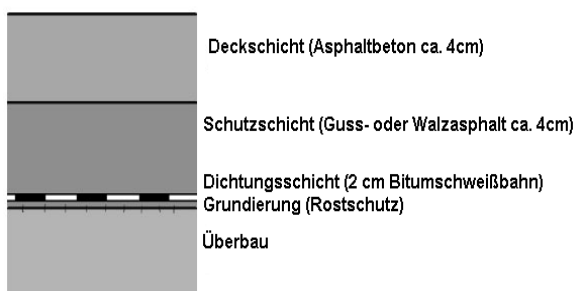


**Bild 2-73 Beispiel für Randkappe mit Schutzeinrichtung [RIZING2003]**

**Abdichtungen und Belag**

So Vielfältig wie die Arten der Brücken, sind auch die Fahrbahnbeläge und Abdichtungen. Es gibt Geh- und Radwegbrücken die mit Holz und ohne Abdichtung entworfen werden, bis hin zu Straßen und Schienenbrücken mit aufwändigen Dichtungsbahnen, Fugen, Schotterbetten und Gussasphalten. Hauptkriterium zur Inspektion von Fahrbahnen ist der optische Eindruck, bei dem die Flächen, Dehnfugen und Abdichtungen auf Risse, festen Verbund mit dem Untergrund und Abnutzung untersucht werden. Größere Fahrbahnauffälligkeiten wie Abplatzungen, Spurrinnen und Ausbrüche sollten besonders begutachtet werden, um sicher zu stellen das keine Nachfolgeschäden daraus entstehen. Hierbei ist eine subjektive Entscheidung zu fällen, inwieweit die erkannten Mängel die Verkehrssicherheit gefährden und in welchem Zeitraum eine Instandsetzung stattzufinden hat.

**Straßenbrücke mit Abdichtung**



**Bild 2-74 Straßenbrücke mit Abdichtung [ZTVING2009]**

**Geh-/ Radwegbrücke ohne Abdichtung**



**Bild 2-75 Geh-/ Radwegbrücke ohne Abdichtung [SHPConsult2010]**

### **Weitere Prüfhinweise**

- Lärmschutzwände (Kontrolle der allgemeine Beschaffenheit und Verankerung)
- Brückenausrüstung:

Entwässerungseinrichtung	Prüfung des Verschmutzungsgrades, der Funktionstüchtigkeit und der Befestigung
Versorgungsleitungen	Befestigung und Zustand prüfen
Kabel	Befestigung sicher stellen und an Durchführungen auf Knick- oder Scheuerstellen untersuchen
Besichtigungseinrichtung	Funktionstüchtigkeit feststellen
Brückenbeleuchtung	Kontrolle der Verankerung, des Korrosionsschutz und Anfahrschäden
Verkehrszeichenbrücken und Beschilderung	Verbund mit der Unterkonstruktion prüfen und ob die erforderlichen Schilder für die vorherrschende Verkehrssituation angebracht sind.

### **2.8 Auswertung und Zustandsbewertung der Brückenprüfung**

Um aus den gewonnenen Informationen der Prüfung ein bewertetes Ergebnis für die weitere Vorgehensweise zu erhalten, bedarf es der Auswertung der Daten mit Hilfe eines genormten Bewertungssystems. Die Grundlage für dieses System beschreibt die **RI-EBW-PRÜF [11/2007]** (Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfung nach DIN 1076). Für eine wirtschaftliche Auswertung ist deshalb die Einordnung und Verwaltung der Schäden in einem computergestützten Brückenmanagementsystem unerlässlich. Die **RI-EBW-PRÜF** ist deshalb Bestandteil des Brückenmanagementsystems SIB-Bauwerke, welches von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) erarbeitet und genutzt wird. Mit Hilfe dieses Programms wird eine einheitliche Zuordnung der Schäden zum Bauwerk in Anlehnung an die ASB-ING erreicht.

Dies bedeutet, dass sich ein Austausch und Vernetzen der Daten, zwischen den Behörden sowie Aufstellern, aufgrund standardisierter Verschlüsselungen erleichtert darstellt. Die Bewertungsgrundlagen mit Vorgegebenen Schadensbeispielen erleichtert das Einordnen, Zusammenfassen und Auswerten signifikant.

Als Kriterien legt diese Richtlinie die Schwerpunkte Verkehrssicherheit, Standsicherheit und Dauerhaftigkeit fest. Die Anzahl der in der Prüfung nach DIN 1076 festgestellten Einzelschäden sind somit getrennt nach diesen Gesichtspunkten durch Schadensnoten zu bewerten. Alle Angaben über die Schadenshäufigkeit und Größe fließen somit im Hintergrund in die Beurteilung durch zu oder Abschlüsse mit ein. Das heißt, diese essentiellen Faktoren drücken sich am Ende ebenfalls in der Zustandsnote aus. Für die Beschreibung der Mängel gilt eine möglichst genaue Zuordnung mit dem Einbeziehen von verbalen, photographischen und zeichnerischen Optionen. Einige wenige Beispiele sind hier das Zuordnen zu Hauptbauteil, Konstruktionsteil, Bauteilergänzung oder das Angeben der Ortslage und Menge. Sollte die Zuordnung zu einem Schadensbeispiel trotz sorgfältiger Untersuchung nicht gelingen, ist auch eine Abänderung der Schadensbewertung machbar. Im Hinblick auf eine ungestörte Standsicherheit, die ungeschwächt alle Belastungen erträgt, jedoch bei Schädigung des Bauwerks immer eine Herabsetzung der Nutzungsdauer zur Folge hat, sollte bei der Bewertung auf folgendes geachtet werden. Ist eine Schadensbewertung in der Kategorie Standsicherheit erfolgt bedingt es sich, dass dies in einer gleichen oder höheren Notenbewertung bei der Dauerhaftigkeit zum Tragen kommt ( $D \geq S$ ). Bei der Zensur von Standsicherheit und Verkehrssicherheit kommen immer die aktuellen Auswirkungen der zum Zeitpunkt der Prüfung vorgefundenen Schadensbilder zum greifen. Die Bewertung der Dauerhaftigkeit hingegen muss sich auf die in der Zukunft durch den Schaden hervorgerufenen Veränderungen beziehen. Einschätzungen bezüglich des Schadens bedürfen immer der vorherigen Kenntnis über die Ursache der Störung. Sollte die Ursache nicht sofort erkennbar sein, ist eine subjektive temporäre Einschätzung des Prüfsachverständigen zu vermerken und im Abschlussbericht eine objektbezogene Schadensanalyse (OSA) für die Klärung des Sachverhaltes anzuordnen. Schadensbewertungen mit der Note 4 sind unverzüglich nach den Sofortmaßnahmen abzustellen. Alle weiteren Schäden die in der Zukunft beobachtet werden, sind mit EP (Einfache Prüfung) zu kennzeichnen, um sie zum gegebenen Zeitpunkt in die Prüfung einzubeziehen.

## 2 Theoretische Aspekte über Bestandsuntersuchung von Brücken

### 2.8 Auswertung und Zustandsbewertung der Brückenprüfung

<b>Schadensbewertung für Einzelschäden der Standsicherheit nach RI-EBW-PRÜF</b>	
<b>Bewertung</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>0</b>	Der Mangel/Schaden hat keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauteils/Bauwerkes
<b>1</b>	Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils, hat jedoch keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks. Einzelne geringfügige Abweichungen in Bauteilzustand, Baustoffqualität oder Bauteilabmessungen und geringfügige Abweichung hinsichtlich der planmäßigen Beanspruchung liegen noch deutlich im Rahmen der zulässigen Toleranzen. Schadensbeseitigung im Rahmen der Bauwerkserhaltung.
<b>2</b>	Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils, hat jedoch keinen Einfluss auf die Standsicherheit des Bauwerks. Die Abweichungen in Bauteilzustand, Baustoffqualität oder Bauteilabmessungen oder hinsichtlich der planmäßigen Beanspruchung aus der Bauwerksnutzung haben die Toleranzgrenzen erreicht bzw. in Einzelfällen überschritten. Schadensbeseitigung mittelfristig erforderlich.
<b>3</b>	Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils und des Bauwerks. Die Abweichungen in Bauteilzustand, Baustoffqualität oder Bauteilabmessungen oder hinsichtlich der planmäßigen Beanspruchung aus der Bauwerksnutzung übersteigen die zulässigen Toleranzen. Erforderliche Nutzungseinschränkungen sind nicht vorhanden oder unwirksam. Eine Nutzungseinschränkung ist gegebenenfalls umgehend vorzunehmen. Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich.
<b>4</b>	Die Standsicherheit des Bauteils und des Bauwerks ist nicht mehr gegeben. Erforderliche Nutzungseinschränkungen sind nicht vorhanden oder unwirksam. Sofortige Maßnahmen sind während der Bauwerksprüfung erforderlich. Eine Nutzungseinschränkung ist umgehend vorzunehmen. Die Instandsetzung oder Erneuerung ist einzuleiten.

**Tabelle 2-9 Schadensbewertung für Einzelschäden der Standsicherheit [RIPRÜF2007]**

<b>Zustandsnoten Erläuterung für Teilbauwerke und Bauteilgruppen nach ASB-ING</b>	
<b>Notenbereich</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>1,0-1,4</b>	Die Standsicherheit, Verkehrssicherheit und Dauerhaftigkeit des Bauwerks sind gegeben. Laufende Unterhaltung erforderlich.
<b>1,5-1,9</b>	<b>guter Zustand</b> Die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Bauwerks sind gegeben. Die Dauerhaftigkeit mindestens einer Bauteilgruppe kann beeinträchtigt sein. Die Dauerhaftigkeit kann des Bauwerks kann langfristig geringfügig beeinträchtigt werden. Laufende Unterhaltung erforderlich.
<b>2,0-2,4</b>	<b>befriedigender Zustand</b> Die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Bauwerks sind gegeben. Die Standsicherheit und/oder Dauerhaftigkeit mindestens einer Bauteilgruppe können beeinträchtigt sein. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann langfristig beeinträchtigt werden. Eine Schadensausbreitung oder Folgeschädigung des Bauwerks, die langfristig zu erheblichen Standsicherheits- und/oder Verkehrssicherheitsbeeinträchtigungen oder erhöhtem Verschleiß führt, ist möglich. Laufende Unterhaltung erforderlich. Kurzfristig Instandsetzung erforderlich. Maßnahmen zur Schadensbeseitigung oder Warnhinweise zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit können kurzfristig erforderlich werden.
<b>2,5-2,9</b>	<b>ausreichender Zustand</b> Die Standsicherheit des Bauwerks ist gegeben. Die Verkehrssicherheit des Bauwerks kann beeinträchtigt sein. Die Standsicherheit und/oder Dauerhaftigkeit mindestens einer Bauteilgruppe können beeinträchtigt sein. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann beeinträchtigt sein. Eine Schadensausbreitung oder Folgeschäden des Bauwerks, die mittelfristig zu erheblichen Standsicherheits- und/oder Verkehrssicherheitsbeeinträchtigungen oder erhöhtem Verschleiß führt, ist dann zu erwarten. Laufende Unterhaltung erforderlich. Kurzfristig Instandsetzung erforderlich. Maßnahmen zur Schadensbeseitigung oder Warnhinweise zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit können kurzfristig erforderlich sein.
<b>3,0-3,4</b>	<b>nicht ausreichender Zustand</b> Die Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit des Bauwerks sind beeinträchtigt. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann nicht mehr gegeben sein. Eine Schadensausbreitung oder Folgeschädigung kann kurzfristig dazu führen, dass die Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit nicht mehr gegeben sind.

## 2 Theoretische Aspekte über Bestandsuntersuchung von Brücken

### 2.8 Auswertung und Zustandsbewertung der Brückenprüfung

	Laufende Unterhaltung erforderlich. Umgehende Instandsetzung erforderlich. Maßnahmen zur Schadensbeseitigung oder Warnhinweise zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit oder Nutzungseinschränkung sind umgehend erforderlich.
3,5-4,0	<b>ungenügender Zustand</b>
	Die Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit des Bauwerks sind erheblich beeinträchtigt oder nicht mehr gegeben. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann nicht mehr gegeben sein. Eine Schadensausbreitung oder Folgeschädigung kann kurzfristig dazu führen, dass die Standsicherheit und/oder Verkehrssicherheit nicht mehr gegeben sind oder dass sich ein irreparabler Bauwerksverfall einstellt. Laufende Unterhaltung erforderlich. Umgehende Instandsetzung bzw. Erneuerung erforderlich. Maßnahmen zur Schadensbeseitigung oder Warnhinweise zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit oder Nutzungseinschränkung sind sofort erforderlich.

**Tabelle 2-10 Zustandsnoten Beschreibung [ASBING2008]**

Die Zustandsnote (Bauteilgruppennote) enthält immer auch die Bewertung der Verkehrssicherheit. Da es aber möglich ist, dass die Brücke aufgrund einer offenen Schachtabdeckung eine schlechte Gesamtzustandsnote erhält, wurde die RI-EBW-PRÜF im Jahre 2007 überarbeitet und eine zusätzliche Substanzkennzahl eingeführt. Diese Substanzkennzahl wird ohne die Verkehrssicherheit bestimmt und stellt damit eine konkrete Aussage über die allgemeine Bausubstanz dar.

Zur Datenorganisation ist zu erwähnen, dass die Ergebnisse, die zu den Bauwerksdaten zählen, zum einen in dem für den Bauwerkszustand abgeschlossenen Prüfungen (Prüfbericht) und dem gegenwärtig dokumentierten Bauwerkszustand (Zustandsbericht) eingeteilt werden.

Das bedeutet, ein neuer Zustandsbericht einer Prüfung wird immer auf Grundlage der letzten dokumentierten Überwachung durchgeführt. Dabei können neue Mängel ergänzt und alter Schäden überprüft und herausgestrichen werden. Die abgeschlossenen Prüfungen werden als nicht veränderbar im Programmsystem SIB-Bauwerke gespeichert. Der aktuelle Zustandsbericht enthält diese Daten natürlich ebenfalls. Somit ist zu jedem Zeitpunkt eine schnelle Einsichtnahme und Ergänzung des Bauwerkszustandes möglich.



## 2.9 Tragfähigkeitseinschätzungen von Brückenbauwerken

### 2.9.1 Einführung

**Vorkommnisse für ein erneutes überdenken der Überprüfung der Tragfähigkeit einer Brücke:**

- beim Feststellen von Bauschäden an tragenden Bauteilen (z.B. Risse, Verformungen, Korrosion, Materialfehler)
- bei Eingriffen in die Tragwerksstruktur (Umbau, Verstärkung, Erweiterung)
- bei Erhöhung der Verkehrslast (Es entstehen andere Spannungen als die in dem zur Berechnung des Neubaus vorherrschenden Lastmodells)
- bei Feststellen von konstruktiven Mängeln
- nach außergewöhnlichen Vorkommnissen
- bei Auftreten neuer Erkenntnisse, die die Tragfähigkeit des Bauwerks oder der Struktur betreffen [Mehlhorn2007]

### 2.9.2 Entwicklung der Sicherheitskonzepte

In der Vergangenheit im 19. Jahrhundert wurden in der Baukonstruktion rein empirische Verfahren verwendet, diese wurden danach von neuen Konzepten wie sie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind abgelöst.

<div>„Altes“ Sicherheitskonzept</div> <div><b>globales (deterministisches)</b></div> <div>Sicherheitskonzept</div>	<div>„Neues“ Sicherheitskonzept</div> <div><b>semi-probabilistisches</b></div> <div>Sicherheitskonzept</div>	
DIN 18800  Ausgabe 03.81	DIN 18800  Ausgabe 11.08	Eurocode 3  Ausgabe 02.07
Die vorhandenen Materialfestigkeiten werden mit globalen Sicherheitsbeiwerten $\gamma$ abgemindert, die Lasten werden im Allgemeinen nicht mit Sicherheitsbeiwerten behaftet.	Die vorhandenen Materialfestigkeiten werden mit Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_m$ abgemindert, die Lasten werden mit den Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_f$ erhöht. Außerdem stehen verschiedene Kombinationsbeiwerte für unterschiedliche Lastszenarien zur Auswahl.	
Nachweise		
Vorhandene Spannung $\leq$ zulässige Spannung  $\sigma_{vorh} \leq \sigma_{zul}$	Beanspruchung $S_d \leq R_d$ Beanspruchbarkeit  $\sigma_{vorh} \leq \sigma_{zul}$	



		(S-Stress, R-Ressistenz, d-design)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tragsicherheit</li> <li>- Gebrauchstauglichkeit</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tragsicherheit mit design-Werten</li> <li>- Gebrauchstauglichkeit ohne design-Werte</li> </ul>
Vorteile		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schnelle Vorbemessung</li> <li>- Einfachere Rechnung</li> <li>- Hohe Zuverlässigkeit</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Berücksichtigung der charakteristischen Eigenschaften der Lasten und Materialien</li> <li>- Einheitliches Verfahren in der EU</li> <li>- Zuverlässigkeit für viele Fälle</li> <li>- Quantifizierung der Sicherheit</li> <li>- Berücksichtigung von Modellunsicherheiten</li> </ul>
Nachteile		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normen zurückgezogen</li> <li>- Nicht Stand der Technik</li> <li>- Nur für lineare Gesetzmäßigkeiten</li> <li>- Ein Sicherheitswert muss Einwirkung und Widerstand berücksichtigen</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufwendigere Berechnung</li> <li>- Stand der Technik</li> </ul>

**Tabelle 2-11 Vergleich der Sicherheitskonzepte vgl. [Pawlowski2004]**

### **2.9.3 Aktuelle Verfahrensmöglichkeiten**

Für die Ermittlung der Notwendigkeit einer Ertüchtigung oder Verstärkung muss die noch vorhandene Tragfähigkeit möglichst wirklichkeitsnah untersucht werden.

Die Untersuchungen und Ansätze für Berechnungen der Tragfähigkeit werden aus den aktuell gültigen Normen für den Neubau von Brückenbauwerken entnommen. Diese Berechnungen basieren zum gegenwertigen Zeitpunkt auf dem semi-probabilistischen System mit Teilsicherheitsbeiwerten, um ein höchstmögliches Maß an Sicherheit und einem breiten Anforderungsspektrum gerecht zu werden. In einem Tragwerksentwurfs und der dazugehörigen statischen Berechnung werden die realen Einwirkungen vereinfacht angenommen. Auch sind die Festigkeiten der Baustoffe (z.B. Zug-, Druck-, Biegefestigkeit) nicht mit absoluter Sicherheit einschätzbar. Die Verwendung von semi-probabilistischen Methoden ermöglicht daher eine realitätsnahe und wirtschaftliche Bemessung von Tragwerksstrukturen. Die Lastannahmen sowie die Teilsicherheitsbeiwerte für Materialkennwerte und Belastungen müssen ein große Streuung der Einsatzgebiete abdecken und können

deshalb bei einigen Vorhaben zu nicht angebrachten, auf der sicheren Seite liegenden Rechenergebnissen führen. Um die Ungenauigkeiten bei den Lastannahmen und die Streuung der Materialqualität zu kompensieren werden Teilsicherheitsbeiwerte verwendet. Deshalb ist es möglich durch neuere Rechenmethoden, Sicherheitsansätze oder aktualisierter Daten Tragreserven auszunutzen. Sollten daher bei der Beurteilung der Standsicherheit die beim Neubau geführten Nachweise aus verkehrstechnischen Gründen nicht mehr erbracht werden können, gibt es verschiedene Möglichkeiten, um das Bauwerk in seiner ursprünglichen Form zu erhalten, bevor eine Instandsetzung notwendig wird. Zum einen können Tragreserven durch neuere aber aufwendigere Berechnungsmethoden und/oder durch auflösen der realen vorherrschenden Bedingungen des Gesamtsystems erreicht werden.

Das heißt zum einen kann über eine genauere Lastenermittlung festgestellt werden ob die angesetzten Annahmen nicht tatsächlich reduziert vorliegen. Dieser Vorgang wird ermöglicht, da bei einem bestehenden Bauwerk Faktoren wie Material oder Schichtstärken genau bestimmt und nicht wie beim Neubau pauschal ermittelt werden müssen (es wird eigens ein „rein“ probabilistisches Konzept für jeweils die betreffende Brücke generiert). Zum zweiten kann eine Ausnutzung der plastischen Tragfähigkeit im Grenzzustand von Querschnitten und Systemreserven bei statisch unbestimmten Systemen versucht werden. (Im Regelfall werden die Tragsicherheitsnachweise nach dem Verfahren **E – E** durchgeführt.)

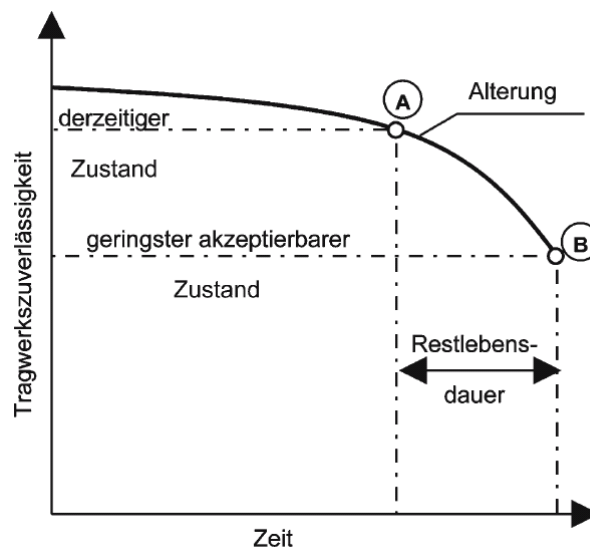
### Berechnungsmethoden

Nachweisverfahren	Berechnung der		Querschnitts- klasse EC 3
	Beanspruchungen $S_d$	Beanspruchbarkeiten $R_d$	
<b>Elastisch-Elastisch (E E)</b> Spannungsnachweis $\sigma_v \leq f_{y,d}$	<b>Elastizitätstheorie</b>  Spannungen $\sigma$ und $\tau$	<b>Elastizitätstheorie</b>  Streckgrenze $f_{y,d}$	<b>3</b>
<b>Elastisch-Plastisch (E P)</b> Interaktionsbedingung z.B. $M_y/M_{pl,y,d} \leq 1$	<b>Elastizitätstheorie</b>  Schnittgrößen $N, M_y, \dots$	<b>Plastizitätstheorie</b>  Ausnutzung der plastischen Querschnittstragfähigkeit	<b>2</b>
<b>Plastisch-Plastisch (P P)</b> Fließgelenkkette	<b>Plastizitätstheorie</b>  Schnittgrößen nach Fließgelenk oder Fließzonentheorie	<b>Plastizitätstheorie</b>  Ausnutzung der plastischen Systemtragfähigkeit	<b>1</b>

**Tabelle 2-12 Nachweisverfahren nach DIN 18800 und Eurocode EC 3 [Kindmann2003]**

Dieser Sachverhalt ist aber bei Brückenbauwerken aufgrund der dynamischen Beanspruchung, die eine erhöhte Ermüdungsbelastung hervorruft nicht zu bevorzugen. Auch im DIN Fb 103 (Stahlbrücken) wird unter dem Punkt elastische Spannungsbegrenzung durch die elastische Schnittkraftberechnung, mit dem Zusatz dies auch bei Querschnittsklasse 1 und 2 beizubehalten dieser Meinung Rechnung getragen.

Den genannten Betrachtungsweisen darf man sich natürlich nicht nur einseitig hingeben, denn eventuelle Schädigungen können schon zur Reduzierung der Restnutzungsdauer des Bauwerks geführt haben und bedürfen einer Bruchmechanischen oder Ermüdungsberechnung.



**Bild 2-76 Restlebensdauer [Mehlhorn2007]**

Auch das Alter muss in die Betrachtung mit einfließen, lässt am Ende aber meist die Tragfähigkeit unter der neuen Sichtweise zu. Kann diese Zuverlässigkeit nicht attestiert werden muss eine Ertüchtigung der Brücke oder einzelner Bauteile erfolgen.

### 2.9.4 Entwicklung für die Zukunft

Alle genannten Sicherheitskonzepte haben noch den Nachteil, dass eine unsaubere Modellierung des Systems, eine Modellunsicherheit nicht in der Rechnung stochastisch berücksichtigt wird. Wie im voran gegangenen erläutert werden beim semi-probabilistischen Konzept nur die Widerstandswerte in ihrer tatsächlichen Verteilung berücksichtigt. Erst bei reinen probabilistischen Betrachtungsweisen werden die Widerstandswerte und die Einwirkungswerte in ihrer vorherrschenden

Wahrscheinlichkeit beurteilt und es sind quantifizierte Aussagen über die Sicherheit sowie Zuverlässigkeit möglich.

Auch die Beachtung der Modellunsicherheiten bedarf weitergehender Untersuchungen.

Weiterführende Methoden zur Erfassung von Modellunsicherheiten:

1. Parametrischer Ansatz [Menzes1997]
2. Nicht-parametrischer Ansatz [Soize2000]
3. Bayes-Statistik [Viertl2003]

Neue Brücken werden z.B. schon mit einem Sonderlastfall Schiffsanprall gerechnet, jedoch bei älteren Bauwerken wurde dies häufig nicht beachtet. Auch deshalb ist es wichtig neue Rechenansätze zu finden, die eine Aussage über das Versagen liefern können. Dazu zählen z.B. rein probabilistische Untersuchungen, die eine quantitative Aussage über die Möglichkeit eines Versagens gestatten. Sie berücksichtigen die speziellen statischen Eigenschaften der Baustoffe und Belastungen. Eine probabilistische Beschreibung kann es auch möglich machen, die geringe Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses zu berücksichtigen.

Die stochastische Beschreibung von Eingangsgrößen über Verteilungsfunktionen bildet deshalb den Grundbaustein der Sicherheitskonzepte.

Probabilistischer Nachweis:

$$p_{f,vorh} \leq p_{f,erf}$$

$p_{f,vorh}$                       operative Versagenswahrscheinlichkeit des Systems

$p_{f,erf}$                       erforderliche operative Versagenswahrscheinlichkeit z.B.  $10^{-6}$

Stufe	Konzept	Beschreibung wahrscheinlichkeitstheoretischer Zusammenhänge, Kennwert für das Sicherheitsmaß
I	semi-probabilistisch	Umrechnung in Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_F$ ( $\gamma_G, \gamma_Q, \dots$ ) und $\gamma_M$ ( $\gamma_C, \gamma_S, \dots$ ) mit vorgeschriebenen festen Zahlenwerten
II	probabilistisch	Ausschließlich Normalverteilungen, Zuverlässigkeitsindex $\beta$
III	probabilistisch	Unterschiedliche Verteilungen, Versagenswahrscheinlichkeit $p_f$

**Bild 2-77 Übersicht von Sicherheitskonzepten [Quast2002]**

Diese Darstellung zeigt das Konzept 1 auf dem von 2 und 3 aufbaut, aber noch sehr viele Verallgemeinerungen und Vereinfachungen beinhaltet. In der Zukunft ist denkbar, dass hier diese Forschungsansätze ausgebaut und eventuell in die Normen eingebunden werden.

Auch Finite Elemente-Programme werden dazu benutzt Modellungenauigkeiten im Vorfeld auszuschließen oder vorhandene Strukturen besser auszubilden. Jedoch bedarf diese Technik eines großen Wissensstandes und aufwendiger Rechentechnik. Wichtig ist es hier zu beachten, dass wenn den Teilchen von Strukturen falsche Eigenschaften und Aufteilungen zugewiesen werden, die Tragelemente in der Praxis versagen, die im Rechenmodell den Nachweis bestanden haben.

Als Fazit kann allgemein festgehalten werden, dass es in Zukunft das Ziel sein wird einer besseren Beschreibung der Wirklichkeit im Bereich Modellunsicherheit und Lastannahmen zu erreichen. Wie dies am besten erreicht und in allgemeine anwendbare Normen umgesetzt werden kann, bedarf eine kontinuierlichen Weiterentwicklung der Nachweisverfahren.

Beispielhaft genannt seien:

1. Probabilistische Verfahren [Spaethe1992]
2. Verfahren auf Grundlage der Fuzzy-Theorie [Möller1997]
3. das sogenannte Convex-Modelling [Elishakoff1995]

Übersicht zur Tragfähigkeitsbestimmung			
Genauigkeit bzw. Aufwand nimmt zu.  »	Datengewinnung	Strukturanalyse	Zuverlässigkeits- Analyse
	Planungsunterlagen und Inspektionen	Einfache Modelle (Stabwerk, Gitterrost)	Deterministisch (zul. Grenzwerte)
	Zusätzliche Dauerüberwachung (Verformungen, Beanspruchungen, Frequenzen)	Komplexe Modelle (Finite Elemente, nichtlineare Analyse)	Semi-probabilistisch (Teilsicherheitsbeiwerte)
	Zusätzliche Bauwerksanalyse (statisch, ZfP)	Validierte und aktualisierbare FE-Modelle	Probabilistische Approximationsverfahren, (FORM, SORM)
	Zusätzliche Bauzustandsanalyse + Dauerüberwachung (dynamisch)		
	Zusätzliche Statistische Verteilung der Kenngrößen	Aktualisierbare, stochastische FE-Modelle	Probabilistische Simulationsverfahren

**Tabelle 2-13 Elemente der Baulichen Bewertung [Meh2004]**

### **3 Bestandsuntersuchung des Referenzobjektes**

Bei der Untersuchung der Referenzbrücke im Striegistal wurden die Maße kontrolliert und dabei Abweichungen von den Angaben im alten Bauwerksbuch festgestellt. Da sich dieses Dokument noch in Papierform befindet, wurde ein neues digitales Bauwerksbuch mit den wichtigsten Daten angelegt. Dabei wurde ein neuer Lageplan und für die Nachrechnungen eine Fertigungszeichnung mit Halbzeugstückliste erstellt. Weiterhin wurden Materialproben zur Bestimmung der Festigkeitseigenschaften, sowie der chemischen Zusammensetzung entnommen. Die Auswertung befindet sich im Bauwerksbuch oder im theoretischen Teil dieser Arbeit unter Terminologie der Baustahlentwicklung.

Das Brückentragwerk wurde als Hauptprüfung nach der DIN 1076 geprüft und die festgestellten Schäden durch das Brückenmanagementprogramm SIB-Bauwerke der Bundesanstalt für Straßenwesen dokumentiert. Die Bewertung und Auswertung erfolgte nach der gültigen RI-EBW-PRÜF, welche sich im Umfang der aufzunehmenden Daten nach der ASB-ING richtet.

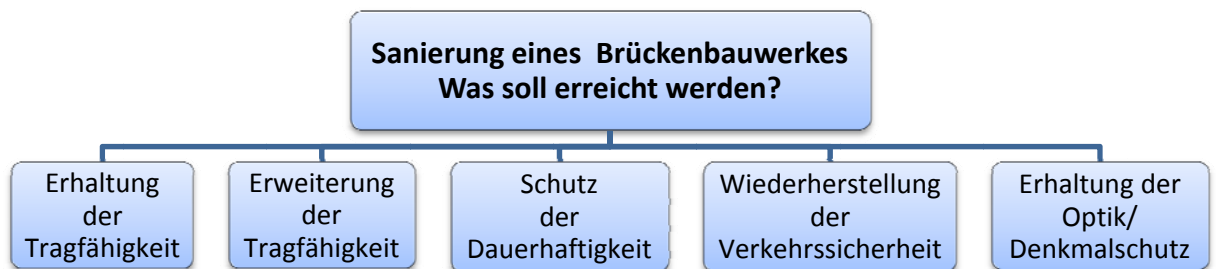
Die Prüfung wurde nach der Vorgabe durchgeführt, das Bauwerk für die Ursprungsnutzung weiterzuverwenden. Die Auswertung ergab dabei eine Substanzkennzahl von 3,5 und eine Zustandsnote von 4. Dies bedeutet, dass sofortige Maßnahmen zum Erhalt des Bauwerkes notwendig sind. Möglichkeiten für die Abstellung der Schäden wurden ausgearbeitet und nach der Dringlichkeit im Prüfbericht niedergeschrieben.

Lageplan :	Anlage <b>C</b>
Fertigungszeichnung :	Anlage <b>C</b>
Bauwerksbuch :	Anlage <b>A</b>
Prüfbericht :	Anlage <b>B</b>

## 4 Theoretische Sanierungsmöglichkeiten von Brücken

Viele der ermüdungsbeanspruchten Brücken, die im Zeitbereich der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert erbaut wurden, haben heute rein theoretisch ihre vom Erbauer angedachte Nutzungszeit erreicht. Für die Brückeneigner ist es demnach unerlässlich sich mit möglichen Sanierungskonzepten für die Ertüchtigung ihrer Bauwerke auseinanderzusetzen, um die Tragfähigkeit dieser zu erhalten. Dabei müssen sie sich anhand der erarbeiteten Möglichkeiten und dem Kosten-Nutzenaufwand für eine Lösung entscheiden. Für die sorgfältige und wirtschaftliche Auswahl ist deshalb nicht nur theoretisches Wissen der Ingenieure gefragt, sondern auch baupraktische Erfahrung aus einer Vielzahl von ähnlichen Projekten.

In diesem Abschnitt der Arbeit sollen somit einige der vielfältigen Lösungen für die Erhaltung von Brücken vorgestellt werden. Hauptaugenmerk wird dabei auf den Korrosionsschutz von Stahlbauteilen und deren Ertüchtigung gelegt.

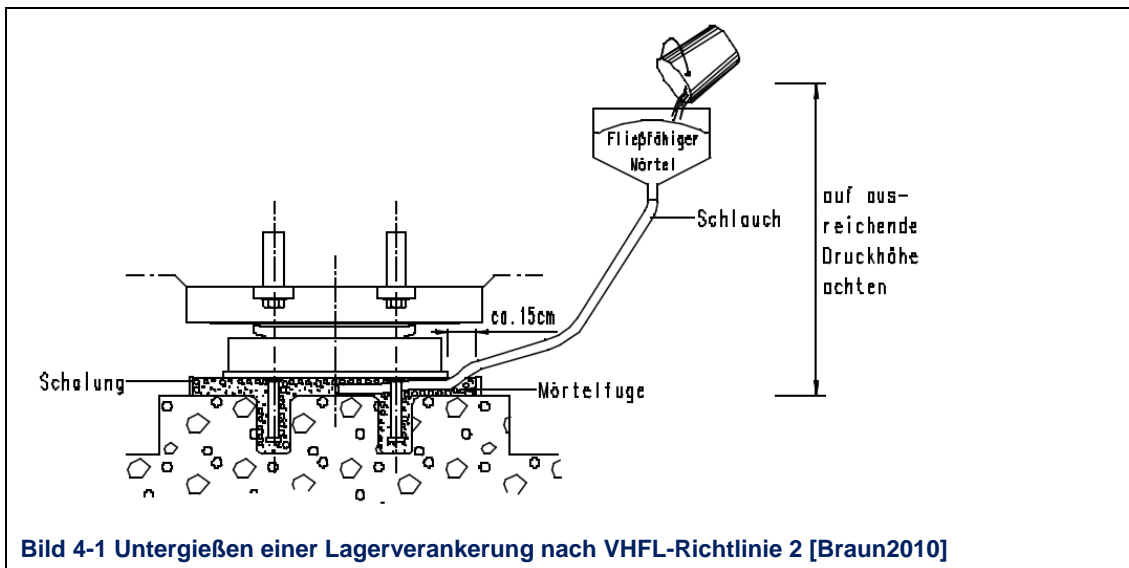


### 4.1 Erhaltung der Tragfähigkeit


#### Unterbau:

Zur Sicherung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zählt vor allem die Instandsetzung von Lagern, welche für das Aufnehmen der Verkehrslasten ohne Zwängungen zuständig sind. Werden Unregelmäßigkeiten festgestellt ist möglichst zunächst mit geringem Aufwand eine Reinigung und/ oder eine Lagekorrektur der Lasteinleitungsmittel durchzuführen. In diesem Zusammenhang ist auch über eine Ergänzung oder Erneuerung des Korrosionsschutzes nachzudenken, da man dieses leicht mit in den Arbeitsgang einbinden kann. Sind die Lager neu ausgerichtet und gefettet muss eine gesonderte Beobachtung unter Verkehrsbedingungen erfolgen.

Eine neue Einbettung der Lager in Mörtel kann entweder durch unterstopfen mit Pagel-Mörtel oder durch untergießen mit hinreichend fließfähigen Pagel sichergestellt werden.



Sollten sich die erkannten Fehler so nicht abstellen lassen muss über ein teilweise oder gänzlich auswechseln der Lager nachgedacht werden. Hier sind jedoch keine pauschalen Werte zu nennen, sondern der Ingenieur muss anhand der vorhandenen Tatsachen eine Entscheidung fällen. In jedem Fall sind beim arbeiten an Lagern Lagerprotokolle nach[DIN1337] anzufertigen. Im nachfolgenden Abschnitt werden anschauliche Bilder von Sanierungen und Schäden aus der Praxis dargestellt.

	Schaden:	Risse im Elastomer, Verschmutzungen
	Ursache:	Umwelteinflüsse
	Reparatur:	Risstiefen überprüfen, Lager säubern, evtl. schleifen und versiegeln

**Bild 4-2 Elastomerlager mit Rissen [Braun2010]**



## 4 Theoretische Sanierungsmöglichkeiten von Brücken

### 4.1 Erhaltung der Tragfähigkeit


 <p><b>Bild 4-3 Deformierte Lagerplatte</b> [Braun2010]</p>	Schaden:	Verformungen der Lagerplatte in Folge von Durchbiegung
	Ursache:	Fehler beim Lagereinbau, ungenügende Unterstopfung, Lager zu früh belastet
	Reparatur:	Lagerstatik prüfen, Lagerplatte neu unterstopfen, Lagerplatte eventuell auswechseln

 <p><b>Bild 4-4 PTFE Gleitlager Schaden</b> [Wolff2010]</p>	Schaden:	PTFE Gleitlager Schaden
	Ursache:	zu hohe Belastung, keine Wartung mit Schmierstoff,
	Reparatur:	Austausch des Lagers


 <p><b>Bild 4-5 Korrosion eines Rollenlagers</b> [Schmidt2010]</p>	Schaden:	korrodiertes Rollenlager
	Ursache:	unzureichende Wartung und Pflege, Entwässerung schlecht
	Reparatur:	Austausch des Lagers

## 4 Theoretische Sanierungsmöglichkeiten von Brücken

### 4.1 Erhaltung der Tragfähigkeit

 <p><b>Bild 4-6 Korrosion an Rollenlager</b> [Schmidt2010]</p>	Schaden:	Korrosion der Auflagerplatten und geringe Verschmutzung der Rollen
	Ursache:	unzureichende Wartung
	Reparatur:	reinigen, Korrosionsschutz auf Lagerbleche aufbringen, Rollen säubern und fetten

Zum Vergleich im Bild Bild 4-7 eine neues zum Einbau vorbereitetes Rollenlager.

 <p><b>Bild 4-7 Neues einbaufertiges Rollenlager</b> [Wolff2010]</p>	
--	--

Bei der Auswechslung von Lagern ist darauf zu achten, dass wenn vorhanden, die vorgesehenen Ansatzpunkte für Pressen zu benutzen sind. Anderenfalls müssen dafür Hilfskonstruktionen eingesetzt werden, welche die Kräfte ableiten können. Siehe dazu Bild 4-8 und Bild 4-9.

 <p><b>Bild 4-8 Hydraulische Presse auf Hilfsstütze</b> [Schmidt2010]</p>	 <p><b>Bild 4-9 Hilfsstütze zum Austausch der Lager</b> [Schmidt2010]</p>
--	---

Die Notwendigkeit dieses Einsatzes leitet sich daraus ab, dem Tragwerk so wenig als möglich abnorme Krafteinleitungen aufzuerlegen um somit Beschädigungen zu vermeiden. Außerdem muss die Hebestelle gegen ein Versagen der Pressen oder Lastaufnahmemittel abgesichert werden, da dieses ein abruptes abfallen der Brücke zur Folge hätte. Regelbewegungen die aus einer teilweisen Verkehrsbelastung entstehen, müssen durch Behelfsgleitflächen aufgenommen werden. Für weitere Ausführung und Lagerprotokoll siehe[DIN1337] .

#### Überbau:

Um den Überbau tragfähig zu halten gibt es verschiedene Lösungen. Eine ist es abgenutzte Tragteile auszubauen und neu nachgefertigte Bauteile in gleicher Weise wieder anzuschließen. Dabei kann man die Ursprungsbefestigung verwenden oder muss neue Varianten, wie klemmen oder schweißen, in Betracht ziehen. Der Einsatz hängt dabei von dem Ursprungszustand des Tragwerkes ab. In Bild 4-10 ist ein Nachbau eines neu angefertigten Brückenbleches dargestellt



**Bild 4-10 Nachbau Brückenbleches**  
[König2010]

Bild 4-11 und Bild 4-12 zeigen die Rekonstruktion eines Pfeilerlagers, bei dem einige alte Nieten durch neue HV-Verbindungsmitel ersetzt und der Anschluss der Windverbände mit zusätzlichen Blechen unterstützt wurde.



**Bild 4-11 Pfeilerknotenstützung vor der Sanierung**  
[König2010]



**Bild 4-12 Pfeilerknotenstützung nach der Sanierung**  
[König2010]



In Bild 4-13 bis Bild 4-15 ist das Schadensbild einer Gehwegkonstruktion zu sehen, die durch undichte Fugen am Anschluss zur Fahrbahn, einem übermäßigen Angriff an Chloriden ausgesetzt war. Sehr stark ausgeprägt ist dabei die Spaltkorrosion, welche an Stellen, die nicht richtig durch die Niete zusammengepresst wurden entsteht.



**Bild 4-13 Trägeranschluss zum Gehweg**  
[König2010]



**Bild 4-14 Längsträger der Fahrbahn**  
[König2010]



**Bild 4-15 Gehwegkonstruktion vor der Sanierung**  
[König2010]



**Bild 4-16 Gehwegkonstruktion nach der Erneuerung**  
[König2010]

Da es durch die massiven Zerstörungen nicht möglich war den Schaden durch lokale Ausbesserungen abzustellen, wurden die alten Träger entfernt und eine Trasse für den Gehweg installiert. In Bild 4-16 bis Bild 4-18 sind die neuen Laufstege nach dem Einbau noch ohne Fahrbahn und mit den neu eingearbeiteten Entwässerungen zu sehen.



**Bild 4-17 Gehwegkonstruktion mit Betonanker [König2010]**



**Bild 4-18 Neue Integrierte Regenentwässerung [König2010]**

Verbindungsmittel aus HV-Schraubengarnituren müssen ausgetauscht werden, wenn sie angerostet sind. Der Grund dafür liegt in einem erhöhten Risiko für Spannungskorrosion. Bei Verbindungen durch Schweißnähte sind die Abrostungserscheinungen zu beziffern und durch geeignete Auftragsschweißungen instandzusetzen. Flickenlöcher sind bei Reparaturen zu vermeiden, um eine große Ansammlung von Eigenspannungen auszuschließen.

## **4.2 Erweiterung der Tragfähigkeit**

Zum maximieren der aufnehmbaren Kräfte, um z.B. die Brücke in eine andere Lastklasse einstufen zu können, bedient man sich häufig der Möglichkeit durch Änderung des Querschnitts ein größeres Trägheitsmoment zu erhalten. Dies geschieht häufig mit dem anbringen von stärkeren Stahlblechen im Bereich der Schwachstellen. Zu sehen ist dies im Bild 4-19 bis Bild 4-22, sehr gut ist zu erkennen, dass die im Druckbereich eingebrachten Verstärkungen mit neuen HV-Schraubengarnituren befestigt worden sind. Die zusätzlichen Bleche erhöhen an dieser Stelle die Druckbelastbarkeit.



**Bild 4-19 Pylonknoten von außen vor der Sanierung [König2010]**



**Bild 4-20 Pylonknoten von außen nach der Sanierung [König2010]**





**Bild 4-21 Pylonknoten mit eingesetzten Verstärkungen [König2010]**



**Bild 4-22 Pylonknoten mit aufgesetzten Verstärkungsblech [König2010]**

Die zerstörten Druckdiagonalen, die im Bild 4-23 zu sehen sind, wurden ebenfalls mit neu angefertigten Verstärkungsblechen instandgesetzt. Wichtig ist, dass die Verbindungen so getrennt werden, dass die gesamten Schadstellen entfernt sind und das neue angesetzte Material sicher verbunden werden kann.

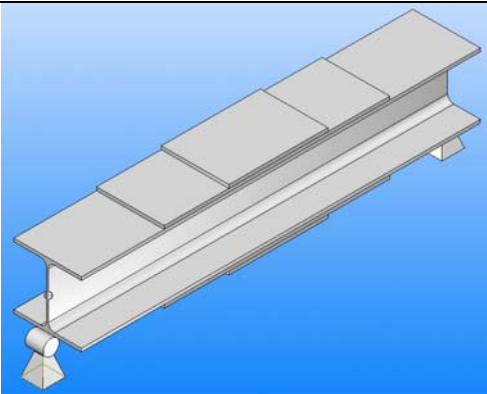


**Bild 4-23 Diagonalstreben Fachwerk vor der Sanierung [König2010]**



**Bild 4-24 Knoten der Fachwerkdagonalen nach der Sanierung [König2010]**

Weitere Beispiele für Querschnittsergänzungen sind aufgesetzte Lamellen im Zug und/ oder Druckbereich von Walzprofilträgern, wie im Bild 4-25.

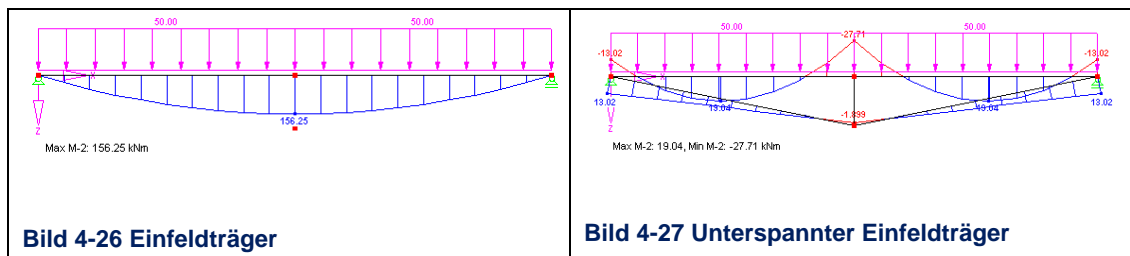


**Bild 4-25 Träger mit Lamellen**

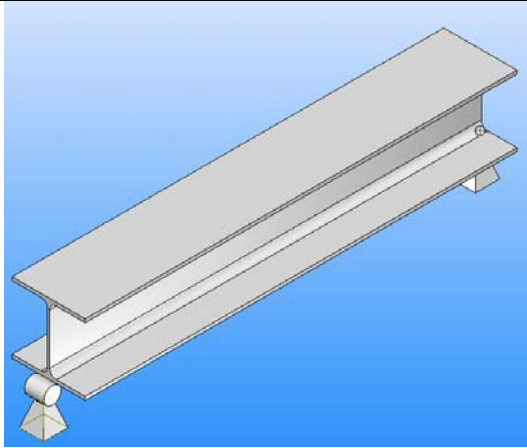
Neuere Ansätze gehen auch dahin, Kohlenstofffasern und andere verstärkte Kunststoffe zu verwenden. Nachteile dieser Art von Verstärkung ist, dass das duktile Bruchverhalten verloren geht und die Bauteile dann schlagartig ohne Vorankündigung versagen. Außerdem ist auch eine externe Vorspannung von Bauteilen durchführbar, welche bewirkt, dass bei einer Belastung erst die Zugkräfte abgebaut werden ehe die negativen Druckkräfte zur Auswirkung kommen.

Desweiteren kann man Trägerroste und orthotrope Platten durch zusätzliche Querträger unterstützen und so die Tragfähigkeit erhöhen. Ebenso wäre ein zusätzlicher Einbau von Fachwerkträgern oder Vollwandträger denkbar.

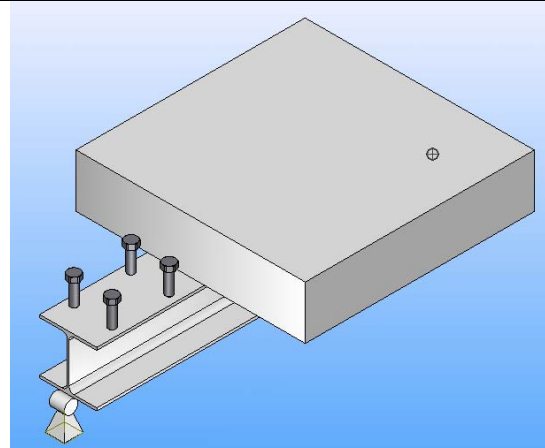
Als weitere Alternative zu den Querschnittsergänzungen steht die Änderung des statischen Systems als praktische Lösung zur Verfügung. Im Bild 4-26 ist ein Einfeldträgersystem mit einer fiktiven Streckenlast von 50 kN/m dargestellt, welches für den Träger ein zu ertragendes Moment von 156 kNm in Feldmitte ergibt. Wenn man dieses Tragsystem umgestaltet zu einem unterspannten Träger kann man das zu ertragende Moment auf 27kNm reduzieren. Dies ist im Bild 4-27 dargestellt. Außerdem ist möglich Fachwerkkonstruktionen oder orthotrope platte einzusetzen. Ihr Vorteil liegt in der schlankeren und damit leichteren Bauweise.



Als letzter Vorschlag soll die Verbundträgerwirkung vorgestellt werden, diese ermöglicht das Erzeugen eines neuen Querschnitts im Endzustand. Dabei werden auf einen Träger Kopfbolzendübel geschweißt oder verschraubt und anschließend dieser eingeschalt und aufbetoniert. Der so schubsteif verbundene neue Querschnitt hat eine höhere Tragfähigkeit, da er als Verbund wirkt, das heißt beide tragen zusammen die Verkehrslasten.



**Bild 4-28 Einfeldträger ohne Kopfbolzen**



**Bild 4-29 Einfeldträger mit Kopfbolzen als Verbundquerschnitt**

### **4.3 Schutz der Dauerhaftigkeit**

Die Korrosion von ungeschütztem Stahl beginnt bereits beim Vorhandensein eines Elektrolyts und Sauerstoff, wobei schon eine Luftfeuchte von 50-60% den Vorgang begünstigt. Deshalb ist es notwendig den Stahl vor äußeren Einflüssen abzusichern. Zum Beispiel bei einer bewehrten Fahrbahnplatte schützt der Beton die Bewehrung vor äußeren Angriffen der Umgebung.


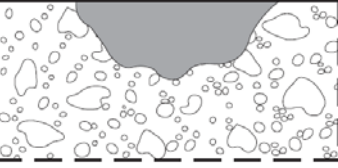
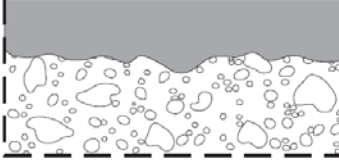


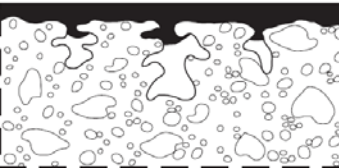
Zerstörung des Betons		
<b>Pysikalisch</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wechsel Frost und Tausalz</li> <li>• Kristallisation</li> <li>• Wärme</li> </ul>	<b>Chemisch</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorideinwirkung</li> <li>• Sulfatierung</li> <li>• Alkali Kieselsäure Reaktion</li> </ul>	<b>Bewehrungskorrosion</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chlorideinwirkung</li> <li>• Karbonatisierung</li> <li>• Risse</li> </ul>

Deshalb ist es wichtig Betonteile und deren Rissentwicklung zu beobachten, weil sie ab einer Rissbreite von 0,4 mm ihre Schutzwirkung gegenüber dem Bewehrungsstahl verlieren. Den Beton selber gilt es durch Oberflächenschutzsysteme vor Chlorideinwirkung und anderen Schadstoffen zu schützen. Für die Sanierung solch auftretender Schadensfälle hat der Deutsche Ausschuss für Stahlbeton (DAfStb) die Richtlinie (Rili-SIB) „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ erarbeitet und Teile der alten ZTV-SIB sowie ZTV-Riss, welche jetzt Bestandteil der ZTV-ING 03/2003 sind eingebunden.

ZTV-SIB Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen - Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen  
ZTV-RISS Zusätzliche Technische Vertragsbedingung - Richtlinien für das Füllen



Für die Sanierung von Betonschadstellen sind in der nachfolgenden Tabelle einige Lösungen aufgezeigt.

 <p>a) Füllen von Rissen mit Reaktionsharzen oder Zementleim (ZL) / Zementsuspension (ZS)</p>	 <p>b) Ausfüllen von örtlichen Fehlstellen mit Mörtel oder Beton</p>	 <p>c) Großflächiges Auftragen von Mörtel oder Beton</p>
 <p>d) Auftragen von hydrophobierenden Imprägnierungen, „Hydrophobierung“</p>	 <p>e) Auftragen von Versiegelungen (teilweise filmbildend), „Imprägnierung“</p>	 <p>f) Auftragen von Beschichtungen</p>

**Tabelle 4-1 Schutz und Instandsetzungsmaßnahmen am Beton nach DAfStb vgl. [DAfStb2001]**

Karbonatisierter Beton muss bis maximal zur Oberfläche der ersten Bewehrungslage entfernt werden, während chloridhaltiger Beton auch hinter der Bewehrung abgetragen werden muss. In Bild 4-30 ist der Schaden eines Brückenträgers zu sehen, welcher wahrscheinlich durch Volumenzunahme der Korrosionsprodukte der Bewehrung hervorgerufen wurde. Die so entstandenen Abplatzungen wurden mit einer Beschichtung nach OSF-C (Beschichtung mit erhöhter Dichtheit für nicht begehbare und befahrbare Flächen) instandgesetzt, siehe Bild 4-31.



**Bild 4-30 Längsträger mit Schadstellen [Schmidt2010]**



**Bild 4-31 Längsträger nach der Sanierung [Schmidt2010]**

Im nachfolgenden Bild 4-32 sieht man die durch Umwelteinflüsse angegriffene Unterseite eine Brücke, welche ebenfalls durch eine Beschichtung nach OS-C saniert werden konnte, Bild 4-33



**Bild 4-32 Brückenüberbau vor der Sanierung [Schmidt2010]**



**Bild 4-33 Brückenüberbau nach der Sanierung [Schmidt2010]**

Im vorangegangenen wurde schon auf die Problematik von Rissen eingegangen und somit wird in dem nachfolgenden Bild 4-35 eine Sanierung des Risses der Brückenstütze aus Bild 4-34 dargestellt. Diese Sanierung erfolgte mit sogenannten Klebepackern, die auf den Riss aufgeklebt und von unten nach oben verpresst werden.



**Bild 4-34 Rissverpressung [Schmidt2010]**



**Bild 4-35 Rissverpressung einer Stütze[Baumann2010]**

Eine nachträgliche Erneuerung des Mörtelbetts von Geländerpfosten, die durch Zementmörtel mit Kunststoffzusatz bewerkstelligt wurde, ist im Bild 4-36 zu sehen. Ein negatives Beispiel für die Entwässerung einer Eisenbahnbrücke ist im Bild 4-37 zu sehen. Die ständige Durchfeuchtung, durch eine nicht vollständige Abführung der Feuchtigkeit zerstört den Beton. Wie es richtig auszusehen hat zeigt Bild 4-38. Im Zusammenhang mit der Entwässerung sei auch erwähnt, dass vorhandene Abflusseinrichtungen für die Erhaltung der Dauerhaftigkeit regelmäßig gereinigt werden müssen, da ansonsten schädliche Medien unnötig lange auf der Oberfläche verweilen. Ein Beispiel wie es nicht sein sollte zeigt Bild 4-39



**Bild 4-36 Befestigung eines Geländerpfosten**



**Bild 4-37 Brücke Entwässerung**



**Bild 4-38 Neu Brückenentwässerung**



**Bild 4-39 Abfluss**

Als letzten und wichtigsten Punkt für die Dauerhaftigkeit eines Stahltragwerkes soll es um die Erhaltung des Korrosionsschutzes gehen.

Dabei kann man die Beschichtung durch ständige Kontrollen und sofortige lokale Ausbesserung intakt halten. Das bedeutet, dass beim Auftreten einer lokalen Schädigung sofort die betreffende Stelle mit Beschichtungsfarbe ausgebessert wird. Vorteile sind eine ständige Kontrolle des Bauwerks und geringe Ausbesserungskosten. Ein Nachteil ist, dass die Ausbesserungsstelle mit zunehmenden Bauwerksalter offensichtlicher wird und die Schichtstärke variiert.



Das heißt, die Stelle mit der neuen Farbe hebt sich vom übrigen Gesamteindruck ab und das Bauwerk wirkt fleckig. Dies geschieht insbesondere dann, wenn die ursprüngliche Lackierung durch Spritzen hergestellt wurde, da beim Instandsetzen durch Pinsel oder Rolle nie dieselbe Lage der Farbpartikel erreicht wird.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Anstrichflächen des Tragwerkes so lange abwitern zu lassen bis eine grundhafte Erneuerung notwendig wird. Vorteile sind die gleichmäßige Beschichtungsstärke, homogene Beschaffenheit und Aussehen der Oberfläche sowie eine kalkulierbare Haltbarkeit. Nachteil ist der größere Aufwand für Einhausung und Strahlverfahren (Bild 4-40 bis Bild 4-43), die höheren Kosten und der Zeitfaktor. Ein Überblick über anwendbare Oberflächenvorbereitungen zeigt Tabelle 4-3.



**Bild 4-40 Einhausung einer Sanierungsstelle**[Mezek2010]



**Bild 4-41 Einhausung für Korrosionsschutz** [Mezek2010]



**Bild 4-42 Brückenfahrwagen für Korrosionsschutz** [Sicking2010]



**Bild 4-43 Beschichtung einer Brücke** [Sicking2010]

Auszug aus der RI-ERH-KOR zur Definition der Begriffe

Ausbesserung	Teilerneuerung	Vollerneuerung
Die Ausbesserung ist das Wiederherstellen des Korrosionsschutzes durch Aufbringen geeigneter Korrosionsschutzsysteme an kleinflächigen Fehlstellen.	Die Teilerneuerung ist das Wiederherstellen des Korrosionsschutzes durch Aufbringen geeigneter Korrosionsschutzsysteme an Fehlstellen und das Aufbringen von mindestens einer ganzflächigen Deckbeschichtung.	Die Vollerneuerung ist das restlose Entfernen der alten Korrosionsschutzbeschichtung und das Aufbringen eines neuen Korrosionsschutzsystems.

**Tabelle 4-2 Definition nach RI-ERH-KOR [RIEKOR2006]**

Oberflächenvorbereitung bei Teilerneuerung nach RI-ERH-KOR

- Um die entsprechenden Bereiche vorzubereiten, dass heißt Rost und Altbeschichtungen zu entfernen, werden hier entweder das Druckluftstrahlen (Spot-Strahlen) oder das maschinelle Schleifen eingesetzt. (P=partiell)
  - Vorbereitungsgrad Spot-Strahlen PSa 2½
  - Vorbereitungsgrad maschinelles schleifen PMa 2½
- Bei intakten Oberflächen der Altbeschichtung, die den Haftzugfestigkeitstest bestehen müssen, geschieht die Entfernung von Unreinheiten oder lockeren Teilen durch:
  - Sweep-Strahlen oder
  - Druckwasserstrahlen

In vielen Fällen wird das Sweep-Strahlen zusammen mit dem Spot-Strahlen verwendet und das Druckwasserstrahlen zusammen mit dem maschinellen Schleifen. Das hat den einfachen Grund, dass die Oberfläche die beim maschinellen Schleifen entsteht schon aufgeraut ist und keiner weiteren Behandlung dieser Art und Weise bedarf.

Sweep-Strahlen = Entfernung von Verschmutzung ohne die Beschichtung zu verletzen (Strahlabfall enthält weniger schädliche Belastung als bei Vollerneuerung)

## 4 Theoretische Sanierungsmöglichkeiten von Brücken

### 4.3 Schutz der Dauerhaftigkeit

Erhaltungsmaßnahme	Bauteile / Bereiche	Auswahl an Oberflächenvorbereitungsverfahren (Beispiele)
Volle Erneuerung	gesamte Fläche	Sa 2½ mit Druckluftstrahlen: - Einwegstrahlmittel - Mehrwegstrahlmittel
	z. B. Walzfehler, Schweißnähte	- Schleifen
Teile Erneuerung	Roststellen, unterrostete Bereiche, alle Niet- und Schraubenstöße, alle Kanten,	PSa 2½ mit Spot-Strahlen, - PMa mit maschinell angetriebenen Werkzeugen, z. B. Schleif- geräten, - PSt 3 (in Sonderfällen) z. B. mit Rostklopfhammer, Nadel- pistolen, Drahtbürsten
	verbleibende Altbeschichtung	Sweep-Strahlen, - Reinigen mit Druckwasser, - Abbürsten
	z. B. Walzfehler, Schweißnähte, Beschichtungsverdickungen	- PMa mit maschinell angetriebenen Werkzeugen, z. B. Schleifgeräten
	Engstellen, schwer zugängliche Bereiche	- PSa 2½ mit Spot-Strahlen
Ausbesserung	Roststellen, unterrostete Bereiche	- PSa 2½ mit Spot-Strahlen, - PMa mit maschinell angetriebenen Werkzeugen, z. B. Schleifgeräten, - PSt 3 (in Sonderfällen) z. B. mit Rostklopfhammer, Nadelpistolen, Drahtbürsten

**Tabelle 4-3 Arten von Oberflächenvorbereitungsverfahren [RIEKOR2006]**

Zur Veranschaulichung wird im Bild 4-45 der fertig gestrahlte Träger aus Bild 4-44 dargestellt. Der Oberflächenvorbereitungsgrad entspricht Sa 2½.



**Bild 4-44 Brückenstahlträger vor Sanierung [Kurz2010]**



**Bild 4-45 Brückenträger nach dem Sandstrahlen [Kurz2010]**

Sind am Bauwerk nur wenige punktuelle Durchrostungen festzustellen, ist es meist nicht nötig eine komplette Ausbesserung mit maschinellen Schleifen durchzuführen. Was aber in jedem Fall passieren muss, ist eine Reinigung z. B. durch Druckwasserstrahlen mit dem anschließenden aufbringen der Beschichtungsfarbe. Für unterschiedliche Größen der Schadensstellen gibt es dabei auch verschiedene Variationen für Ausbesserungsmaterialien, siehe dazu Tabelle 4-4.

Punktgröße (Durchmesser d)	Altbeschichtung	Vorgehensweise	Beschichtungsstoff für Instandsetzung
< 1 mm	AK-, AY-, PVC-, Epoxid- (EP), EP/PUR - Systeme	reinigen und mit Deckbeschichtungsstoff überarbeiten	AK-, AY-, PVC-, EP/PUR - Beschichtungsstoff
1 bis 2 mm	nur EP- oder EP/PUR-Systeme	reinigen und mit Deckbeschichtungsstoff überarbeiten	nur PUR-Beschichtungsstoff
1 bis 2 mm	AK-, AY-, PVC- Systeme u.ä.	reinigen und punktuell ausflecken mit Grundbeschichtungsstoff, dann mit Deckbeschichtungsstoff überarbeiten	AK-, AY-, PVC- Beschichtungsstoff u.ä.
> 2 mm	AK-, AY-, PVC-, Epoxid- (EP), EP/PUR - Systeme	reinigen und punktuell ausflecken mit Grundbeschichtungsstoff, dann mit Deckbeschichtungsstoff überarbeiten	AK-, AY-, PVC-, (Epoxid-), PUR - Beschichtungsstoff

**Tabelle 4-4 Möglichkeiten von Ausbesserungen nach Größe der Fehlstelle [RIEKOR2006]**

In Absprache mit den Korrosionsschutzherstellern ist es teilweise auch zulässig Stellen an denen geringe Rostflecken verbleiben, mit einer restrostverträglichen Grundbeschichtung zu versehen. Die Schadstellen sollen dabei mindestens eine Schichtstärke von 320  $\mu m$  und nur Grundbeschichtungen aus Zinkphosphat erhalten (kein Zinkstaub). Besitzt die vorbereitete Oberfläche der Altbeschichtung noch eine Stärke von mindestens 200  $\mu m$  ist auch eine einfache Deckbeschichtung ausreichend. Besonders anfällig ist der Schutz an Kanten und Verbindungsstellen, deshalb sind diese immer auch bei Teilerneuerung voll zu beschichten. Nicht alle Instandsetzungssysteme sind für jeden Einsatzfall anwendbar. Bei der Teilerneuerung ist deshalb vor der Auswahl der Ausbesserungsbeschichtung festzustellen, aus welcher Basis die Altbeschichtung besteht. Tabelle 4-5 zeigt die Möglichkeiten der Instandsetzung für unterschiedliche Grundsysteme von Altbeschichtungen vgl.[RIEKOR2006] .

Einkomponenten- Beschichtungsstoff (Alkydharzbeschichtung) 1K	Zweikomponenten-Beschichtungsstoffe (EP/PUR-Beschichtungen) 2K
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösemittelarme 1K Beschichtungsstoffe nach Blatt 93 der TL/TP-KOR-Stahlbauten</li> <li>- PVC Kombinationsstoffe nach Blatt 77 der TL/TP-KOR-Stahlbauten</li> <li>- Polyurethan- Beschichtungen, luftfeuchtigkeitshärtend</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lösemittelarme 2K- Beschichtungsstoffe nach Blatt 94 und 95 der TL/TP-KOR-Stahlbauten</li> <li>- EP/PUR Beschichtungsstoffe nach Blatt 87 der TL/TP-KOR-Stahlbauten</li> </ul>

**Tabelle 4-5 Ausbesserungsvarianten vgl. [RIEKOR2006]**



Bei einer Vollerneuerung von Brückenbeschichtungen auf Epoxidharz/Polyurethan-Basis wird von einer Standzeit bis zu 25 Jahre ausgegangen. Danach ist eine Teilerneuerung nötig, welche die Schutzdauer bis zur nächsten Vollerneuerung um 20 Jahre verlängert. Ob sich die damit ergebende Gesamtschutzdauer tatsächlich erreichen lässt hängt stark von der Ausführungsqualität und der Konstruktion ab.

Tabelle 4-6 zeigt eine Übersicht der anwendbaren Beschichtungssysteme, für die am häufigsten angewendete Korrossivitätskategorie C3 mit einer angestrebten Schutzdauer über 15 Jahre (lang).

System-Aufbau	Schichtdicke [µm]	FKV [%]	ρ <sub>B-Stoff</sub> [g/cm³]	V <sub>theor.</sub> [g/cm²]	Faktor für „zulässigen“ Mehrpreis, bezogen auf V <sub>theor.</sub>	VOC-Anteil im Beschichtungs- stoff [ml/m²]
GB AK-Zinkphosphat	100	49	1,4	286		104
ZB AK	50	58	1,5	130		37
DB AK	50	51	1,3	128		48
	200			544	1,2	189
GB PVC/AK	80	43	1,3	261		109
ZB PVC/AY	60	42	1,3	186		83
DB PVC/AY	60	42	1,3	186		83
	200			633	1	275
GB EP-Zinkphosphat	80	60	1,6	214		54 (54)
ZB -	-	-	-	-		-
DB EP-High Solid	120	70 (80)	1,6	275/240		52 (30)
	200			489/454	1,3/1,4	106 (84)
GB EP-Zinkstaub	60	62	3,0	291		37 (37)
ZB -	-	-	-	-		-
DB EP-High Solid	100	70 (80)	1,6	229/200		43 (25)
	160			520/491	1,2/1,3	80 (62)
AK = Alkydharz      EP = Epoxidharz      V <sub>theor.</sub> = Theoretischer Verbrauch PVC = Polyvinylchlorid      VOC = Volatile Organic Compounds      ρ <sub>B-Stoff</sub> = Dichte des Beschichtungsstoffes AY = Acrylharz      TSD = Trockenschichtdicke      FKV = Festkörpervolumen $V_{theor.} = \frac{TSD \cdot \rho_{B-Stoff}}{FKV \cdot 10}$ $VOC = \frac{V_{theor.} \cdot (100 - FKV)}{100 \cdot \rho_{B-Stoff}}$ GB = Grundbeschichtung ZB = Zwischenbeschichtung DB = Deckbeschichtung						

**Tabelle 4-6 Übersicht über Schutzsysteme für Kategorie C3 Schutzdauer lang [Katzung2005]**

Als Beispiel für eine komplette Sanierung der Beschichtung sieht man im Bild 4-46 den Träger aus Bild 4-44 mit einer Grundbeschichtung auf AK-Zinkphosphat-Basis und im rechten Bild 4-47 die Tragkonstruktion mit der fertigen Deckbeschichtung auf AK-Basis.



**Bild 4-46 Brückenträger nach Grundbeschichtung [Kurz2010]**



**Bild 4-47 Brückenträger nach der Sanierung [Kurz2010]**



Da bei Sanierungen zum größten Teil im Außenbereich gearbeitet wird, sollen abschließend noch einige wichtige Punkte zum Arbeits- und Umweltschutz bei Strahlarbeiten angeführt werden.

- Beim Arbeiten in öffentlichen Bereichen oder Waldgebieten ist das Einholen von Genehmigungen unumgänglich:
  - Verkehrsbehörden
  - Polizei
  - Gewerbeaufsichtsamt
  - Energieträger
  - Wasserwirtschaft
  - Forstamt
  - Denkmalschutz
- Vor dem Beginn von Rekonstruktionsarbeiten am Objekt sollten aus der Umgebung Bodenproben und Wasserproben zur Beweissicherung entnommen werden
- Bilder des Ursprungszustandes der Bauumgebung können ebenfalls bei Streitigkeiten im Nachgang hilfreich sein
- Die Abwässer, auch wenn ohne Reinigungsmittel gestrahlt wurde, dürfen nie direkt in Boden oder Gewässer eingeleitet werden.
- Einhausungen oder Arbeitsbühnen sind so aufzubauen, dass durch Abdichten der Einrichtungen ein Auffangen des Abwassers beim Druckwasserstrahlen möglich ist und kein Schmutzwasser in eventuell darunterliegende Bäche, Flüsse oder den Boden gelangen kann
- Vor Staub und Lärm sind insbesondere Bereiche zu schützen in denen der Verkehrsfluss aufrecht erhalten werden muss
- Für die Entsorgung des Strahlgutes hat das beauftragte Unternehmen ein Abfallentsorgungskonzept zu erarbeiten
- Alle Arbeiten, welche die Verkehrsführung verändern, bedürfen einer neuen Verkehrssicherung

#### 4.4 Wiederherstellung der Verkehrssicherheit

Zur Verkehrssicherheit von Brücken zählen alle Mechanismen, die ein Verwenden der Brücke für den Benutzer ohne Gefahr ermöglichen oder sicherstellen.

Zunächst soll deshalb etwas zu den Entwässerungen und Übergangsfugen gesagt werden. Diese Bauteile haben gleich zwei Anforderungen zu erfüllen, einmal gegenüber dem Bauwerk selbst und zum anderen zum Schutz der Verkehrsteilnehmer. Als Beispiel zum Schutz der Verkehrsteilnehmer sind hier die Vermeidung von Aquaplaning und Glatteisbildung zu nennen. Das betrifft die Fahrbahnen und Gehwege gleichermaßen und soll eine pfützenfreie Entwässerung garantieren. Für Dauerhaftigkeit hingegen ist es entscheidend das Brückenbauwerk zur Vermeidung von Schäden ganzheitlich vor dem Eindringen von Nässe, chlorid-, öl- und benzinhaltigem Oberflächenwasser zu schützen. Außerdem muss stehendes Wasser abgeführt werden um im Winter Frostschäden vorzubeugen.

Da die Brückenabläufe durch diese Aufgaben Teil der Oberfläche von Verkehrsflächen werden, müssen sie die auftretenden Kräfte durch Verkehr aufnehmen können. Um unruhiges Fahren und eine Stolpergefahr nicht aufkommen zu lassen werden sie oberflächenbündig eingepasst.

Außerdem müssen sie um ein Verstopfen zu verhindern, das Eindringen von übermäßigem Schmutz zurückhalten. Dies bedeutet sie müssen dauerhaft betriebs- und verkehrssicher sein. Im nachfolgenden Bild 4-48 ist eine durch Setzung abgesenkte Schachtabdeckung zu sehen, die ein Risiko für Motorrad-, Fahrrad- und Autofahrer darstellt. Die fachgerechte Instandsetzung des Schadens ist in Bild 4-49 zu sehen



**Bild 4-48 abgesenkte Schachtabdeckung**  
[Oppermann2010]

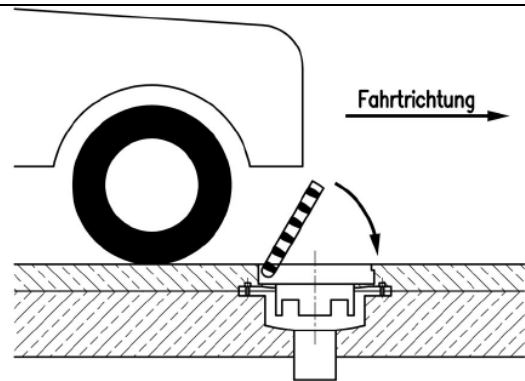


**Bild 4-49 Neu eingeebnete Schachtabdeckung**  
[Oppermann2010]

Typische Entwässerungen, wie sie auf zahlreichen Brücken zum Einsatz kommen, sind in den nachfolgenden Bildern zu erkennen (Bild 4-50; Bild 4-51)



**Bild 4-50 [Mohr2010]**



**Bild 4-51 [Höllein2010]**

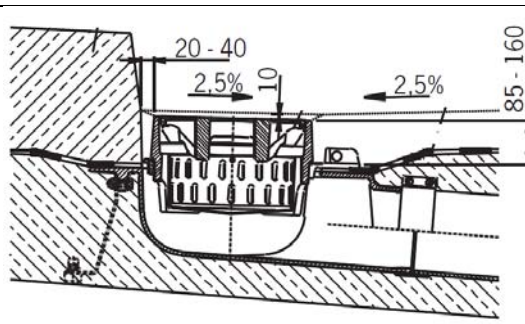
In Bild 4-53 und Bild 4-54 sind noch einmal sehr deutlich die wichtigen Schmutzfangeinrichtungen zu erkennen.



**Bild 4-52 Brückeneinlauf  
Schnittgerinne  
[Mohr2010]**



**Bild 4-53  
Brückeneinlauf mit  
Laubfang  
[Mohr2010]**



**Bild 4-54 Eingebauter Brückeneinlauf mit  
Laubfang [Mohr2010]**

Übergangsfugen sind für nachfolgende Sanierungen so zu gestalten, dass ihre Abdeckungen und Abdichtungen austauschbar sind. Beispiele dafür zeigen Bild 4-55 und Bild 4-56.



**Bild 4-55 Übergangsfuge mit Abdeckblech**



**Bild 4-56 Übergangsfuge mit eingelassenen  
Gummiprofil**

Die Geländer von Brücken sind zum Schutz von Fußgängern, Radfahren und im Ernstfall auch für Autofahrer gedacht, deswegen bedarf ihrer Instandhaltung besondere Priorität. In Bild 4-57 sieht man die nachträglich sanierten Geländer einer Fußgängerbrücke, welche dadurch auch als Radwegbrücke weitergenutzt werden kann.



**Bild 4-57 Erhöhtes Brückengeländer**

Bild 4-58 zeigt ein durch Anprall geschädigtes Brückengeländer bei dem die Verkehrssicherheit für Fußgänger gefährdet ist. Im Bild 4-59 ist dargestellt, wie ein perfektes Brückengeländer instandgehalten werden kann.



**Bild 4-58 Deformiertes Brückengeländer**  
[Saalmann2010]



**Bild 4-59 Intaktes Brückengeländer**  
[Saalmann2010]

An die Beschilderung von Brücken ist bei Instandsetzungen ebenso zu denken, denn von Ihrer Erkennbarkeit hängt die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer ab. Bemoosung und Vandalismus können die Funktionsfähigkeit beeinflussen. Die nachfolgenden Bilder zeigen einige Beispiele für wichtige anzubringende Schilder.

Geh- und Radwege





**Bild 4-60 gemeinsamer Geh- und Radweg**



**Bild 4-61 getrennter Geh- und Radweg**

Durchfahrtshöhen, Durchfahrtsbeschränkungen oder zulässige Lasten müssen ebenfalls gekennzeichnet werden, da ansonsten Gefahr für das Bauwerk und seine Nutzer besteht. Bild 4-62 und Bild 4-63 zeigen wichtige Mittel die maximale Durchfahrtshöhe kenntlich zu machen oder den Verkehr an einem unbefugtem Befahren der Brücke zu hindern.



**Bild 4-62 Beschränkung der Durchfahrtshöhe**



**Bild 4-63 Absicherung gegen unbefugtes Befahren**

Fahrbahn und Gehweg müssen eine einwandfreie Oberfläche und die entsprechenden Fahrbahnmarkierungen besitzen. In Bild 4-64 ist ein Gehweg sowie Fahrbahnschaden abgebildet, wie er nicht vorkommen sollte. Das Bild 4-65 zeigt dagegen einen sicheren Verkehrsraum.



**Bild 4-64 Oberflächenschaden am Gehweg**



**Bild 4-65 Ordnungsgemäß angelegter Geh- und Radweg[Saalmann2010]**

### 4.5 Erhaltung der Optik/ Denkmalschutz

Bei vielen der älteren Brücken bestehen die Gründungen und Flügelwände aus Natursteinen, bei denen sich meist ein Schaden der Fugen, durch die in Vergangenheit eingesetzten schlechteren Qualitäten der Baustoffe zeigt. Sanierungen sind damit unumgänglich und werden von Fachfirmen durchgeführt. Dabei wird zuerst loses Material aus den Fugen entfernt, anschließend mit Druckwasserstrahlen gereinigt und als letztes neuer Fugenmörtel in die Bereiche eingebracht. Zu sehen im Bild 4-66 sind herausgelöste Natursteine aufgrund des zerstörten Mörtels in den Fugen. Rechts im Bild 4-67 ist eine zur Sanierung vorbereitete Stützwand vor dem Verfugen zu sehen.



**Bild 4-66 Marode Flügelwand [Saalman2010]**



**Bild 4-67 Sanierung einer Stützwand [Schmidt2010]**

In Bild 4-68 ist eine Nietkopfschraube zu sehen, die zur Restauration von alten Niettragwerken eingesetzt werden kann. Die Schraube wurde im Zusammenhang mit der Sanierung des Frankfurter (Main) Hauptbahnhofs entwickelt und erlangte durch das Eisenbahnbundesamt eine Zulassung im Einzelfall.



**Bild 4-68 Nietkopfschraube (Stahlbaurundschau)**



**Bild 4-69 Alte genietete Eisenbahnbrücke**

Geländer von alten Brücken sind sehr oft von Hand geschmiedet und durch Niete verbunden wurden. Diese handwerklichen Kunstarbeiten gilt es durch gezielte Sanierungen, sei es durch Farbanstriche, verzinken oder Restauration, als technisches Kulturerbe zu erhalten.



**Bild 4-70 altes Handgenietetes  
Brückengeländer [König2010]**



**Bild 4-71 saniertes Brückengeländer**

## **4.6 Schlussfolgerung**

Aus diesen Ansätzen für die Sanierung und der Brückenhauptprüfung, leiten sich die Maßnahmen ab, die für die Referenzbrücke im Striegistal nötig sind. Die Ausarbeitung zu diesem Sachverhalt befindet sich im nachfolgenden Abschnitt dieser Arbeit. Kapitel 5, Sanierungsmöglichkeit des Referenzobjektes.



## 5 Sanierungsmöglichkeit des Referenzobjektes

### Was muss saniert werden:

- Lager
- Korrosionsschutz
  - Strahlen
  - Neubeschichtung
- Lasteinleitungsschienen neu
- Betonfahrbahn
  - Deckbeschichtung
- Geländer (verzinkt + Farbe)
- Entwässerung
- Übergangsfugen
- Kappen
- Flügelwände
- Gründung



Bild 5-1 Eisenbahnbrücke Striegistal

### Auswahl der Lager

Es werden für einen eventuellen Austausch folgende Lager ausgewählt:

$$F_{d,vorh} \approx 183 \text{ kN}$$

Lager 150mm x 200mm für 300kN

Elastomerdicke :15 mm

Anzahl der Schichten : 3

Zulässige Verschiebung : 10,5 mm

Min. Last unverankert : 90 kN

Typ 1/2  
- einseitig verankert durch Dollen

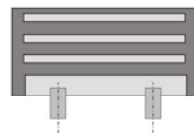


Bild 5-2 Elastomerlager  
Dollen  
[Breiteneder2010]

Typ 2a  
- beidseitig verankert durch Schrauben  
(auch als 1/2 a möglich)

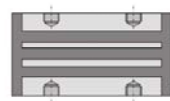


Bild 5-3 Elastomerlager  
Schrauben  
[Breiteneder2010]

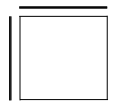


Bild 5-4 Lagerplan



**Auswahl des Korrosionsschutzsystems****Sandstrahlen**

Die alte Brücke mit Fachwerkausstrebung einrücken und Altbeschichtung mit strahlen entfernen.

Das aufgefangene Strahlgut ist von der beauftragten Firma auf Schadstoffe zu prüfen und bei eventueller Belastung als Sondermüll abzufertigen.

zu bearbeitende Fläche : 108 m<sup>2</sup>

**Auswahl Beschichtungssystem**

Korrosionskategorie C3/ C4 lang > 15 Jahre

**Zusammenstellung der zertifizierten Beschichtungsstoffe nach den TL/TP-KOR-Stahlbauten**

für die Anwendung an Bauwerken und Bauteilen der Bundesverkehrswege

Stand: 01.06.2010

**Blatt 87**

Nr.	Hersteller	Stoffe	Stoff-Nr.	Datum des Technischen Datenblattes	Ablaufdatum
8	Hempel (Germany) GmbH Hindenburgdamm 60 25421 Pinneberg	Hempadur Zinc 87260	für die Stoff-Nrn. 687.03 bis 687.05 der Grundbeschichtung	Feb. 2008	30. Juli 2010
		Hempadur 87280	für alle Stoff-Nrn. der Zwischenbeschichtung gemäß Blatt 87		
		Hempathane Topcoat 87480	für alle Stoff-Nrn. der eisenglimmerhaltigen Deckbeschichtung gem. Blatt 87		

Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch Gladbach

Blatt 6/10

**Tabelle 5-1 Zulässige Beschichtungsstoffe nach TL/TP-KOR**

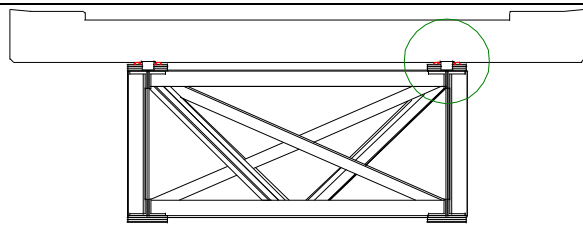
Beschichtung mit 3 Fach System gewählt:

- 1 Grundbeschichtung HEMPADUR Zinc 87260 zweikomponentige Epoxidbeschichtung mit Zinkstaub 40  $\mu m$
1. Zwischenbeschichtung HEMPADUR 87280 zweikomponentige Epoxidbeschichtung mit Eisenglimmer 80  $\mu m$
2. Zwischenbeschichtung HEMPADUR 87280 zweikomponentige Epoxidbeschichtung mit Eisenglimmer 80  $\mu m$
- 1 Deckbeschichtung HEMPATHANE TOPCOAT 87480 zweikomponentige PUR-Acryl-Deckbeschichtung pigmentiert mit Eisenglimmer 40  $\mu m$

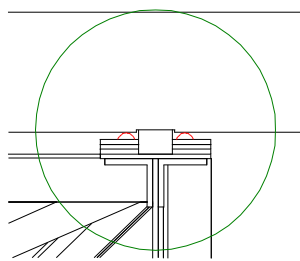
Gesamtschichtdicke: 240  $\mu m$

### Lasteinleitungsschienen

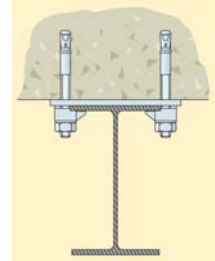
Um der Stahlbetonplatte eine Seitenführung zu geben, wird im unteren Bereich bei der Herstellung eine Nut eingearbeitet. Damit würde die Platte bei Verwendung der alten Schienen nicht auf diesen ruhen, sondern auf den Nietköpfen. Deshalb werden alle Schienen erneuert und um 10 mm in der Stärke erhöht. Zur Lagesicherung kommen Schwerlastanker mit einem Lindapter Klemmsystem zum Einsatz.



**Bild 5-5 Querschnitt Fußgängerbrücke**



**Bild 5-6 Lagerung Betonplatte**



**Bild 5-7 Lindapter Befestigung [Lietzau2010]**

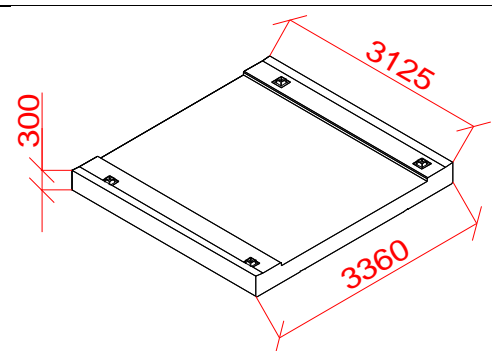
### Betonfertigteilplatte mit Oberflächenschutzsystem OS-F 11

Die Berechnungen zur Tragfähigkeit der Stahlbetonplatten befinden sich im Anhang E.

Die Fahrbahn wird aus 4 Stück Betonfertigteilen mit Geländervorbereitung nach Gel 13 entstehen und erhält eine verschleißfeste Oberflächenbeschichtung nach der ZTV-ING (OS-F 11).

Abmaß : 3125 x 3360 x 300 mm

Die fertige Platte besitzt ein Volumen von 3,26 m<sup>3</sup>  
Wegen leichter Übergröße fallen die Transportkosten zur Baustelle etwas höher aus.

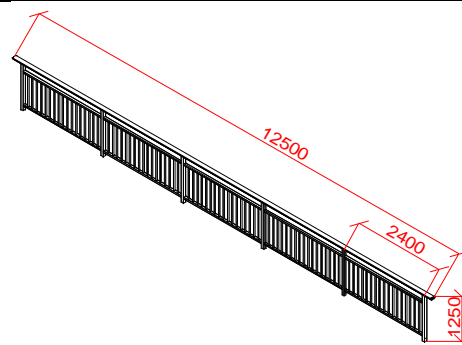


**Bild 5-8 Betonfertigteilplatte**

### Geländer

Füllstabgeländer nach Richtzeichnung Gel 4 mit Montage und Korrosionsschutz aus Duplex- System.

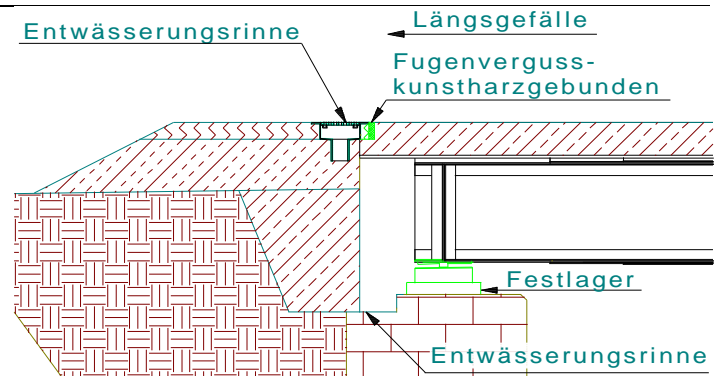
Die Nachrechnung und Belastungsansätze des Geländers befinden sich im Anhang D unter den neuen Lastannahmen.



**Bild 5-9 Geländer**

## Entwässerung/ Übergangsfugen

Als Entwässerungslösung wird eine Dränagerinne am Übergang der Brücke zur Kammerwand eingelassen. Aufgrund der relativ geringen Länge der Brücke ergeben sich für den Dehnweg insgesamt 10 mm. Erfolgt der Einbau bei 15 °C kann man davon ausgehen das die Fuge sich 5 mm dehnen und zusammenziehen muss. Deshalb ist hier ein Fugenverguss auf Kunstharzbasis, der rund 15 mm Verformung zulässt, ausreichend.



**Bild 5-10 Brückenentwässerung**

Längenausdehnung	$\Delta_L = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta\vartheta$
$l_0$ 11000 mm	
$\Delta_{max}$ 50 °C	$\alpha$ 1,2E-05
$\Delta_{min}$ -20 °C	$\Delta\vartheta$ 70
$\Delta_L$ 9,24 mm	

**Tabelle 5-2  
Längenausdehnung gesamt**

Längenausdehnung	$\Delta_L = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta\vartheta$
$l_0$ 11000 mm	
$\Delta_{max}$ 50 °C	$\alpha$ 1,2E-05
$\Delta_{min}$ 15 °C	$\Delta\vartheta$ 35
$\Delta_L$ 4,62 mm	

**Tabelle 5-3  
Längenausdehnung real**

## Kappen/ Flügelwände/ Gründung

Die Kappen der Auflagerbänke sind so zu gestalten, dass eine einwandfreie Entwässerung stattfinden kann, siehe dazu Bild 5-10. Das Ziegelmauerwerk, sowie das Natursteinmauerwerk der Flügelwände, werden durch eine Rissanierung mit Fugenerneuerung saniert.

## Berechnungen

Alle Berechnungen zur Haupttragkonstruktion und der Vergleich zur alten Belastung befinden sich im Anhang D.

## 6 Zusammenfassung

Auf der Grundlage der ausgewählten Sanierungsvariante, zur Umnutzung als Geh- und Radwegbrücke, wurde das Tragwerk mit den neuen Lasten aus dem aktuellen Anforderungsprofil nachgerechnet. Die Übersichtszeichnung für den ausgewählten Sanierungsvorschlag befindet sich im Anhang C.

Das Ergebnis zeigt, dass die Brücke ohne Einschränkung für die neue Verwendung genutzt werden kann. Eine Auslastung von 23 % im statischen Zustand bestätigt dies. Eine Nachrechnung mit den alten Lastannahmen zeigt den früheren Ausnutzungsgrad von 72% und bestätigt zusätzlich die uneingeschränkte Nutzungsfähigkeit.

Als Alternative zur Sanierung wurde der Neubau des Überbaues bei einer Kalkulation angesetzt. Dabei wurde festgestellt, dass bei einer Sanierung 69 300 € aufgebracht werden müssten und bei einem Neubau der Hauptbrücke 64 561 €. Da bei der Brücke der Schutz des alten Erscheinungsbildes eine große Priorität hat und die Relikte der alten Bahnlinie erhalten werden sollen, würde man den Sanierungsvorschlag favorisieren. Die Gegenüberstellung der Kalkulation befindet sich in der Anlage F.

## **Literaturverzeichnis**

**[ASBING2008] ASB-ING. 2008.** Anweisung Straßeninformationsbank Teilsystem Bauwerksdaten. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. *Sammlung Brücken- und Ingenieurbau Erhaltung*. Berlin : s.n., 02 2008.

**[Bargel1999] Bargel, Hans-Jürgen; Schulze Günter. 1999.** *Werkstoffkunde*. [Hrsg.] Bargel/Schulze. Heidelberg : Springer Verlag, 1999.

**[Baumann2010] Baumann, Hannes.** <Bauberatung@BDZement.de>. *Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V.* [Online] [Zitat vom: 29. 05 2010.] <http://www.BDZement.de>.

**[BernsTheisen2008] Berns, Hans; Theisen Werner. 2008.** *Eisenwerkstoffe - Stahl und Gusseisen*. Berlin : Springer Verlag, 2008. Bd. 4.

**[Blum2005] Blum, Marc. 2005.** *Die Schweißverbindung in der Instandsetzung von Stahlbetonbauten und in der Erweiterung bzw. Ertüchtigung historischer Stahlbauten zu Stahlverbundbauten*. Ennepetal : Arcelor Sections Commercial GmbH, 2005.

**[Braun2010] Braun, Joachim.** <joachim.braun@rwsh.de>. *Vereinigung der Hersteller von Fahrbahnübergängen und (Brücken)Lagern*. [Online] [Zitat vom: 29. 05 2010.] <http://www.vhfl.de/>.

**[Breiteneder2010] Breiteneder, Thomas.** <info@ghs-engineering.at>. *GHS Engineering Brücken und Auflagertechnik*. [Online] [Zitat vom: 09. Juni 2010.] [www.ghs-engineering.at](http://www.ghs-engineering.at).

**[BmVBS2009] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.** <buergerinfo@bmvs.bund.de>. *Strassen Brücken*. [Online] [Zitat vom: 29. 10 2009.] Thema über Brücken. <http://www.deutsche-bruecken.de/brueckenbau/index.html>.

**[Burghard1983] Burghard, Helmut; Neuhof, Gerd. 1983.** *Stahlerzeugung*. Leipzig : Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1983.

**[DAfStb2001] DAfStb. 2001.** Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. [Richtlinie]. Berlin : Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Oktober 2001.

**[DeFerri1961] De Ferri. 1961.** *Metallographia*. Paris : Berger-Levrault Verlag, 1961. Bd. 3.

**[DIN1072] DIN 1072. 1985.** Straße- und Wegbrücken. *Lastannahmen*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 12 1985.

- [DIN1076] DIN 1076. 1999.** Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen. *Überwachung und Prüfung*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 11 1999.
- [DIN18809] DIN 18809. 1987.** Stählerne Straßen- und Wegbrücken. *Bemessung, Konstruktion, Herstellung*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 09 1987.
- [DIN4141] DIN 4141 Teil 2. 1984.** Lager im Bauwesen . *Lagerung von Ingenieurbauwerken im Zuge von Verkehrswegen (Brücken)*. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 09 1984.
- [DIN10025] DIN EN 10025. 2005.** Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 2005.
- [DIN1337] DIN EN 1337 Teil 10. 2003.** Inspektion und Instandsetzung. *Lager im Bauwesen*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 11 2003.
- [DINENISO4628] DIN EN ISO 4628 Teil 3. 2004.** Bewertung des Rostgrades. *Beschichtungsstoffe- Beurteilung von Beschichtungsschäden- Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität*. Berlin : Beuth Verlag GmbH, Januar 2004.
- [DINFb101] DIN Fb 101. 2009.** Einwirkung auf Brücken. *DIN-Fachbericht 101*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 03 2009.
- [DINFb103] DIN Fb 103. 2009.** Stahlbrücken. *DIN-Fachbericht 103*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 03 2009.
- [Eckstein1971] Eckstein, H.J. 1971.** *Wärmebehandlung von Stahl*. Leipzig : VEB Deustcher Verlag für Grundstoffindustrie, 1971.
- [EiBfeldt2005] EiBfeldt F; Heeling A. 2005.** Beurteilung der Korrosion an Spundwandbauwerken. [Referat]. Hamburg : Bundesanstalt für Wasserbau, 2005.
- [Elishakoff1995] Elishakoff, I. 1995.** *Essay on Uncertainties in elastic anVisoelastic Structurees: From A.M. Freudenthals Criticisms to Modern Convex Modeling*. s.l. : Computer & Structures Vol.6, 1995. S. 871-895.
- [Friebel2002] Friebel, Wolf-Dieter; Krieger J. 2002.** *Bauwerksdaten und Bauwerksprüfung*. In: Bedienungsanleitung des Programms SIB Bauwerke. Bonn : Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, 2002.
- [Helmerich2005] Helmerich, Rosemarie. 2005.** *Alte Stähle und Stahlkonstruktionen*. Materialuntersuchungen, Ermüdungsversuche an originalen Brückenträgern und Messungen von 1990 bis 2003. Berlin : Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung (BAM), 2005. Forschungsbericht 271.

- [Heyn1906] Heyn, E. 1906. *Über die Nutzenanwendung der Metallographie in der Eisenindustrie*. Stahl und Eisen. 1906. S. 580-597.
- [Höllein2010] Höllein, Raimund. <info@hoellko.com>. *Höllko*. [Online] [Zitat vom: 03. 06 2010.] <http://www.hoellko.com/>.
- [Katzung2005] Katzung, W. 2005. Merkblatt 405. *Korrosionsschutz von Stahlkonstruktionen durch Beschichtungssysteme*. Düsseldorf : Stahl Informations Zentrum, 2005.
- [Kindmann2003] Kindmann, Rolf; Frickel Jörg. 2003. *Plastische Bemessung im Stahlbau*. Der Prüferingenieur. 2003. S. 63-78.
- [KiSmile2009] Ki-Smile <ki-smile@fh-potsdam.de>. 2009. Ki-Smile. [Online] 08. 12 2009. <http://www.ki-smile.de>.
- [Knoll2003] Knoll, Vera. 2003. *Gusseisen*. Düsseldorf : Zentrale für Gussverwendung, 2003.
- [König2010] König, Sebald. <poststelle@stbats.bayern.de>. *Staatliches Bauamt Traunstein*. [Online] [Zitat vom: 30. 05 2010.] <http://www.stbats.bayern.de/strassenbau/projekte/salzachbruecke-laufen.php>.
- [Kühn2008] Kühn, Bertram; Helmerich, Rosemarie; Nussbaumer, Alain; Herion, Stefan. 2008. Beurteilung bestehender Stahltragwerke, Empfehlungen zur Abschätzung der Restnutzungsdauer. *Stahlbau* 77. Heft 4, 2008.
- [Kurz2010] Kurz, Annette. <info@sandstrahltechnik-kurz.de>. *Malere Kurz*. [Online] [Zitat vom: 30. 05 2010.] <http://www.malerkurz.de/korrosionsschutz.php>.
- [Langenberg1996] Langenberg, Peter. 1996. *Bruchmechanische Sicherheitsanalyse anrißgefährdeter Bauteile im Stahlbau*. Aachen : RWTH Aachen, 1996. Dissertation.
- [Lietzau2010] Lietzau, Petra. <technik@lindapter.de>. *lindapter*. [Online] [Zitat vom: 09. Juni 2010.] [http://www.lindapter.com/german/Kontakt/Anfrage\\_Katalogantrag](http://www.lindapter.com/german/Kontakt/Anfrage_Katalogantrag).
- [Lüddecke2006] Lüddecke, Falk. 2006. *Ein Beitrag zur Ertüchtigung bestehender Stahltragwerke unter besonderer Berücksichtigung des Fügeverfahrens Schweißen*. Berlin : Technische Universität Dresden, 2006. Dissertation.
- [Lüger1910] Lüger, Otto. 1910. *Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften*. Stuttgart, Leipzig : s.n., 1910. S. 3-7. Bd. 8.
- [Meh2004] Mehdiapou, Milad; Rücker, Werner; Rohrmann, Rolf Günter. 2004. Zur Tragfähigkeitsbewertung bestehender Bauwerke. *Stahlbau* 73. Heft 4, 2004.

**[Mehdianpour2003] Mehdiانpour, Milad. 2003.** *Lebensdauervorhersage von ermüdungsbeanspruchten Stahltragwerken mit Hilfe von Monitoring und begleitenden Versuchen*. Braunschweig : Technische Universität Braunschweig, 2003. Dissertation.

**[Mehlhorn2007] Mehlhorn, Gerhard. 2007.** *Hanbuch brücken*. [Hrsg.] Mehlhorn. Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten. Heidelberg : Springer Verlag, 2007.

**[Menzes1997] Menzes; Schüller. 1997.** *On structural reliability assessment considering mechanical model uncertainties. Uncertainty: Models and Measures*. s.l. : Akademie Verlag, 1997. S. 173-186. Bd. 99.

**[MetaTec2010] Meta-Tec <info@metatec.de>. 2010.** META-TEC. [Online] 05. 02 2010. <http://www.meta-tec.net/index.php?cont=referenzen&cursite=Referenzen>.

**[Mezek2010] Mezek, Karl.** <Karl Mezek; Marienstr. 14; D-45663 Recklinghausen>. *korrosionsschutzshop*. [Online] [Zitat vom: 30. 05 2010.] <http://www.korrosionsschutzshop.de/cms/glossar/strahlen-sandstrahlen/>.

**[Mohr2010] Mohr, Rainer.** <tiefbau@aco-online.de> . *ACO Tiefbau*. [Online] [Zitat vom: 30. 05 2010.] <http://www.aco-tiefbau.de/schachtabdeckungen-und-aufsaeetze/brueckenablaeufe/brueckenablaeufe.html>.

**[Möller1997] Möller, B. 1997.** *Fuzzy-Modellierung in der Baustatik, Bauingenieur* 72. 1997. S. 75-84.

**[Nebel2009] Nebel, Bernd.** <bridge@bernd-nebel.de>. *Brücken Homepage*. [Online] [Zitat vom: 22. 11 2009.] [http://www.bernd-nebel.de/bruecken/6\\_technik/eisen.html](http://www.bernd-nebel.de/bruecken/6_technik/eisen.html).

**[Oppermann2010] Oppermann, Erich.** <Erich\_Oppermann\_gmbh@debitel.net>. *Erich Oppermann Tief- und Strassenbau GmbH*. [Online] [Zitat vom: 03. 06 2010.] <http://www.oppermann-tiefbau.de/1460616.htm>.

**[OSA2007] OSA. 2007.** Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. *Richtlinie für die Erhaltung von Ingenieurbauten*. [Richtlinie]. Berlin : s.n., 12 2007.

**[Pawlowski2004] Pawlowski, Robert. 2004.** *Sicherheitskonzepte und Materialkennwerte*. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion Fachwissenschaften Bautechnik, Technische Universität München. München : s.n., 2004.

**[Quast2002] Quast, Ullrich. 2002.** *Ist das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte überflüssig*. Fachthema DIN 1045-1, TU Hamburg-Harburg. s.l. : Frilo-Magazin, 2002.



**[Ramberger2002] Ramberger, Günter. 2002.** *Structural Bearings and Expansion Joints for Bridges*. Zürich : s.n., 2002.

**[Reiche2000] Reiche, Andre. 2000.** *Untersuchung der Möglichkeit zur Baukostenreduzierung durch eine datenbankgestützte, statistisch gesicherte Zustandsbewertung von metallischen Tragwerkskomponenten bei der Modernisierung von Altbauten in den neuen Bundesländern*. Leipzig : Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen, 2000. Forschungsbericht.

**[RIPRÜF2007] RI-EBW-PRÜF. 2007.** Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. *Richtlinie für die Erhaltung von Ingenieurbauten*. [Richtlinie]. Berlin : s.n., November 2007.

**[Platzhalter1] —. 2007.** Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. *Richtlinie für die Erhaltung von Ingenieurbauten*. [Richtlinie]. Berlin : s.n., 11 2007.

**[RIEKOR2006] RI-ERH-KOR. 2006.** Richtlinie für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. *Richtlinie für die Erhaltung von Ingenieurbauten*. [Richtlinie]. Berlin : s.n., 05 2006.

**[RITRA1992] RI-Tragfähigkeitseinstufung. 1992.** Richtlinie zur Tragfähigkeitseinstufung bestehender Straßenbrücken der neuen Bundesländer in Lastklassen nach DIN 1072. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. [Richtlinie]. Berlin : s.n., 04 1992.

**[RIWIBRÜ2007] RI-WI-BRÜ. 2007.** Richtlinie zu Durchführung von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im Rahmen von Instandsetzungs-/ Erneuerungsmaßnahmen bei Straßenbrücken. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. *Richtlinie für die Erhaltung von Ingenieurbauten*. [Richtlinie]. Berlin : s.n., 12 2007.

**[RIZING2003] RIZ-ING. 2003.** Richtzeichnungen für Ingenieurbauten. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Wohnungswesen. *Sammlung Brücken- und Ingenieurbau*. Dortmund : Verkehrsblattverlag Borgmann GmbH & Co KG, 2003.

**[Ruge1991] Ruge, Jürgen. 1991.** *Handbuch der Schweißtechnik*. Werkstoffe. Berlin : Springer verlag, 1991. Bd. 1.

- [Saalmann2010] Saalmann, Simone.** <adac@adac.de>. *ADAC*. [Online] [Zitat vom: 30. 05 2010.]  
[http://www1.adac.de/Tests/Mobilitaet\\_und\\_Reise/Brueckentest/default.asp](http://www1.adac.de/Tests/Mobilitaet_und_Reise/Brueckentest/default.asp).
- [Schmidt2010] Schmidt, Jürgen.** <vts@aventasbau.de> . *aventasbau* . [Online] [Zitat vom: 29. 05 2010.]  
<http://www.aventasbau.de/sanierung/sanierungsbilder/index.html>.
- [Schneider1996] Schneider, Hannes. 1996.** <mail@deutscheEisenbahn.de>. *Museum deutsche Eisenbahn*. [Online] 1996. [Zitat vom: 29. 10 2009.]  
<http://www.deutscheEisenbahn.de>.
- [SHPConsult2010] SHP-Consult <mail@shp-consult.de>.** SHP-Consult. [Online] [Zitat vom: 06. 02 2010.] [http://www1.shp-consult.de/inhalt-Klaeranlage\\_Penzing\\_Weil-14-0.html](http://www1.shp-consult.de/inhalt-Klaeranlage_Penzing_Weil-14-0.html).
- [Sicking2010] Sicking, Wilhelm.** <kommunaltechnik@email.de>. *Technik für Kommunen*. [Online] [Zitat vom: 03. 06 2010.] <http://www.technik-fuer-kommunen.de/news-tk-xervon-bruecken.htm>.
- [Soize2000] Soize, C. 2000.** *A nonparametric model of random uncertainties for reduced matrix models in structural dynamics*. 2000. S. 277-294. Bd. Probabilistic Engineering Mechanics.
- [Spaethe1992] Spaethe, Gehard. 1992.** *Die Sicherheit tragender Baukonstruktionen, zweite Auflage*. Wien : Springer Verlag, 1992.
- [StahlInfo2010] Stahl-Info. 2010.** Stahl-Info. [Online] Stahl Informationa Zentrum, 04. 03 2010. Wetterfester Baustahl. <http://www.stahl-info.de/index.htm>.
- [Stahl2010] Stahl-Online.** <beate.brueninghaus@stahl-zentrum.de>. *Stahl-Online*. [Online] Stahl Zentrum. [Zitat vom: 05. 02 2010.] [http://www.stahl-online.de/wirtschaft\\_und\\_politik/stahl\\_in\\_zahlen/start.asp](http://www.stahl-online.de/wirtschaft_und_politik/stahl_in_zahlen/start.asp).
- [VDE1929] VDE. 1929.** *Handbuch des Eisenhüttenwesens. Walzwesen*. Düsseldorf : Verein Deutscher Eisenhüttenleute, 1929. Bd. 1 und 2.
- [Viertl2003] Viertl, R. 2003.** *Einführung in die Stochastik - Mit Elementen der Bayes-Statistik und Analyse unscharfer Informationen*. s.l. : Springer, 2003. Bd. Lehrbücherei der Informatik.
- [BAM2009] Wiggenhauser, Herbert <Herbert.Wiggenhauser@bam.de>.** Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung. *ZfP - Kompendium Verfahren der Zerstörungsfreien Prüfung im Bauwesen*. [Online] [Zitat vom: 02. 11 2009.]  
[http://www.bam.de/microsites/zfp\\_kompendium/welcome.html](http://www.bam.de/microsites/zfp_kompendium/welcome.html).

**[Wolff2010] Wolff, Georg.** <georg@wolff-linz.at>. *Reisner & Wolff Firmengruppe.*

[Online] [Zitat vom: 29. 05 2010.]

service.ovbb.at/brueckentagung/PDF/10\_Wolff.pps.

**[Zehntner2010] Zehntner GmbH <zehntner@zehntner.com>. 2010.** Zehntner GmbH Testing Instruments. [Online] 5. 02 2010. <http://www.zehntner.com>.

**[ZTVING2009] ZTV-ING. 2009.** Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. *Sammlung Brücken- und Ingenieurbau Baudurchführung.* Dortmund : Verkehrsblatt Verlag Borgmann, 2009.

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1 Altersstruktur der Brücken der Bundesfernstraßen nach Brückenfläche (Stand: 31.12.2005) [BmVBS2009] .....	2
Bild 1-2 Brückenbestand der Bundesfernstraßen nach Brückenflächen (Mio. m <sup>2</sup> ) und Bauarten (Stand: 31.12.2005) [BmVBS2009] .....	2
Bild 1-3 Landkarte.....	4
Bild 1-4 Satellitenbild.....	4
Bild 1-5 Eisenbahnbrücke Striegistal.....	5
Bild 2-1 Brücke über Severn in Coalbrookdale 30m (1776-1779) .....	10
Bild 2-2 Dirschauer Weichselbrücke (1851-1867) .....	12
Bild 2-3 Weichselbrücke in Fordon in Ost-Preußen (1891-93).....	13
Bild 2-4 Stahlherstellung; Darstellung auf Grundlage von[Burghard1983] .....	14
Bild 2-5 Querschnitt einer genieteten Schweißisenverbindung, Baumannabdruck (Spreebrücke Berlin-Mitte 1882) [Helmerich2005] .....	17
Bild 2-6 Querschnitt eines genieteten Walzprofils aus unberuhigtem Flusstahl, Baumannabdruck (Lausitzer Platz 1900) [Helmerich2005] .....	17
Bild 2-7 Stoffverschiebungen im Walzgut - Darstellung auf Grundlage von [VDE1929] .....	18
Bild 2-8 Stoffverschiebung im Walzgut - Baumannabdruck [DeFerri1961] .....	18
Bild 2-9 Chemische Zusammensetzung von Puddelstahl (n Stichprobenanzahl, m Mittelwert, s Streuung) [Lüddecke2006] .....	18
Bild 2-10 Mechanische Eigenschaften von Puddelstahl längs zur Walzrichtung [Reiche2000] .....	19
Bild 2-11 Übersicht Vergießungsarten [Bargel1999] .....	21
Bild 2-12 Konzentrationsunterschiede zwischen Seigerungszone und Speckschicht [Ruge1991] ...	22
Bild 2-13 Verteilungskoeffizient $k_0$ der ausgewählten Begleitelemente [Eckstein1971] .....	22
Bild 2-14 Seigerung im Block mit erkennbaren Lunkern – vor dem Kalibrieren[Heyn1906] .....	23
Bild 2-15 Seigerung im Profil nach dem Kalibrieren [Heyn1906] .....	23
Bild 2-16 Chemische Zusammensetzung von Flusstahl (n Stichprobenzahl, m Mittelwert, s Streuung) [Reiche2000] .....	24
Bild 2-17 Klassifizierungshilfe für Flusstähle [Langenberg1996] .....	24
Bild 2-18 Mechanische Eigenschaften von Flusstahl längs zur Walzrichtung (n Stichprobenzahl, m Mittelwert, s Streuung) [Mehdianpour2003] .....	25
Bild 2-19 Rohstahlerzeugung in Deutschland nach Verfahren [Stahl2010] .....	27
Bild 2-20 Übersicht Chemische Zusammensetzung von Altstahl [Blum2005] .....	27
Bild 2-21 Grenzgehalte für Vergießungsarten [Bargel1999] .....	28
Bild 2-22 Ermittlung des Kohlenstoffäquivalentes nach IIW (Internationales Schweißinstitut).....	29
Bild 2-23 Möglichkeit einer Untersuchung der Schweißbarkeit [Blum2005] .....	29
Bild 2-24 Nachrechnenklassen Auszug aus [DIN1072] .....	39

Bild 2-25 Trägers Ausbildung bei Durchringungen [DIN18809] .....	43
Bild 2-26 Klemmenlängen von Nieten nach [DIN18809] .....	44
Bild 2-27 Mindeststärken für Konstruktionsbauteile [DIN18809] .....	45
Bild 2-28 Konstruktionsregeln für Fahrbahnplatten [DIN18809] .....	45
Bild 2-29 Beziehungen der Bauwerksprüfung zu Planung, Bau und Erhaltung von Bauwerken [Friebel2002] .....	46
Bild 2-30 Erhaltungsstrategie des Korrosionsschutz nach [RIEKOR2006] .....	55
Bild 2-31 Mängel/Schäden an Korrosionsschutzsystemen und entsprechende Normen soweit vorhanden [RIEKOR2006] .....	56
Bild 2-32 Rostgrad Ri 1 [DINENISO4628] .....	58
Bild 2-33 Rostgrad Ri 5 [DINENISO4628] .....	58
Bild 2-34 Rostgrad und Anteil der Rostfläche auf der betrachteten Fläche [RIEKOR2006] .....	59
Bild 2-35 Kennwerte zum Bewerten des Flächenanteils des Abblätterns [RIEKOR2006] .....	59
Bild 2-36 Bewertung von Blasen [RIEKOR2006] .....	59
Bild 2-37 Kreuzschnittprüfung ASTM D 3359 [Zehntner2010] .....	60
Bild 2-38 Gitterschnittprüfung DIN EN ISO 2409 [Zehntner2010] .....	60
Bild 2-39 Auswertung Kreuzschnittprüfung [RIEKOR2006] .....	60
Bild 2-40 Bewertung des Korrosionsschutzes von Hauptbauteilen von Stahlbauten (Stahlüber- und unterbauten) [RIEKOR2006] .....	61
Bild 2-41 Beispiel für die Entscheidung „Vollerneuerung“ [RIEKOR2006] .....	62
Bild 2-42 Abrostungsrate [Eißfeldt2005] .....	63
Bild 2-43 Abrostungskurve nach ISO 9224 für unlegierten und Wetterfesten Baustahl in Kategorie C4 [StahlInfo2010] .....	63
Bild 2-44 Dickenverlustberechnung nach ISO 9224 [StahlInfo2010] .....	64
Bild 2-45 Abrostungsraten nach ISO 9224 [StahlInfo2010] .....	64
Bild 2-46 Abrostungszuschläge für Wetterfesten Baustahl nach DAST 007, 1993 [StahlInfo2010] ..	64
Bild 2-47 Einfluss der Feldlinien bei der Magnetpulverprüfung .....	65
Bild 2-48 Punktkipplager für Kräfte bis 2,5 MN [DIN1337] .....	68
Bild 2-49 Linienkipplager für Kräfte bis 20 MN [DIN1337] .....	68
2-50 Führungslager [DIN1337] .....	69
Bild 2-51 Rollenlager für Kräfte bis 20 MN [DIN1337] .....	69
Bild 2-52 Gleitelement eines Lagers [DIN1337] .....	70
Bild 2-53 Kalottenlager für Kräfte bis 100 MN [DIN1337] .....	70
Bild 2-54 Topflager für Kräfte bis 50 MN [DIN1337] .....	70
Bild 2-55 Elastomerlager je nach Größe und Schichtenanzahl für Kräfte von 4 - 35 MN [DIN1337] .....	71
Bild 2-56 Fahrbahnübergang ohne unterbrochene Belag bis 15 mm Stahlbrücke [Ramberger2002] .....	73

<b>Bild 2-57</b> Fahrbahnübergang mit unterbrochenen Belag bis 25 mm Stahlbrücke [Ramberger2002]	73
<b>Bild 2-58</b> Fahrbahnübergang mit Gummilippe bis 60 mm ohne Deckblech möglich [Ramberger2002]	74
<b>Bild 2-59</b> Fahrbahnübergang mit Gummikissen [Ramberger2002]	74
<b>Bild 2-60</b> Fahrbahnübergang mit bewehrten Gummikissen (mehreren Dehnfugen) bis 350 mm [Ramberger2002]	74
<b>Bild 2-61</b> Fahrbahnübergang mit gelagerten Fingern 300 mm [Ramberger2002]	74
<b>Bild 2-62</b> Lamellenübergang mit Scherenunterstützung und Scherensteuerung bis 1000 mm [Ramberger2002]	74
<b>Bild 2-63</b> Gleitplattenübergang ab 300 mm [Ramberger2002]	74
<b>Bild 2-64</b> Lamellenübergang mit Balken in Längsrichtung und Federsteuerung bis 1000 mm [Ramberger2002]	75
<b>Bild 2-65</b> Lamellenübergang mit Balken in Längsrichtung und Horizontalführungssteuerung bis 1000 mm [Ramberger2002]	75
<b>Bild 2-66</b> Schienenauszug mit Parallelstoß [Ramberger2002]	75
<b>Bild 2-67</b> Schienenauszug mit Federnzugstoß [Ramberger2002]	75
<b>Bild 2-68</b> Brückenquerschnitt mit Randkappe [Mehlhorn2007]	76
<b>Bild 2-69</b> Brückenquerschnitt ohne Randkappe [MetaTec2010]	76
<b>Bild 2-70</b> Brückenquerschnitt mit Randkappe [Mehlhorn2007]	76
<b>Bild 2-71</b> Brückenquerschnitt ohne Kappe [KiSmile2009]	76
<b>Bild 2-72</b> Beispiel für Randkappe mit Schutzeinrichtung [RIZING2003]	77
<b>Bild 2-73</b> Beispiel für Randkappe mit Schutzeinrichtung [RIZING2003]	77
<b>Bild 2-74</b> Straßenbrücke mit Abdichtung [ZTVING2009]	77
<b>Bild 2-75</b> Geh-/ Radwegbrücke ohne Abdichtung [SHPConsult2010]	77
<b>Bild 2-76</b> Restlebensdauer [Mehlhorn2007]	85
<b>Bild 2-77</b> Übersicht von Sicherheitskonzepten [Quast2002]	86
<b>Bild 4-1</b> Untergießen einer Lagerverankerung nach VHFL-Richtlinie 2 [Braun2010]	90
<b>Bild 4-2</b> Elastomerlager mit Rissen [Braun2010]	90
<b>Bild 4-3</b> Deformierte Lagerplatte [Braun2010]	91
<b>Bild 4-4</b> PTFE Gleitlager Schaden [Wolff2010]	91
<b>Bild 4-5</b> Korrosion eines Rollenlagers [Schmidt2010]	91
<b>Bild 4-6</b> Korrosion an Rollenlager [Schmidt2010]	92
<b>Bild 4-7</b> Neues einbaufertiges Rollenlager [Wolff2010]	92
<b>Bild 4-8</b> Hydraulische Presse auf Hilfsstütze [Schmidt2010]	92
<b>Bild 4-9</b> Hilfsstütze zum Austausch der Lager [Schmidt2010]	92
<b>Bild 4-10</b> Nachbau Brückenbleches [König2010]	93
<b>Bild 4-11</b> Pfeilerknotenstützung vor der Sanierung [König2010]	93
<b>Bild 4-12</b> Pfeilerknotenstützung nach der Sanierung [König2010]	93

Bild 4-13 Trägeranschluss zum Gehweg [König2010] .....	94
Bild 4-14 Längsträger der Fahrbahn [König2010] .....	94
Bild 4-15 Gehwegkonstruktion vor der Sanierung [König2010] .....	94
Bild 4-16 Gehwegkonstruktion nach der Erneuerung [König2010] .....	94
Bild 4-17 Gehwegkonstruktion mit Betonanker [König2010] .....	95
Bild 4-18 Neue Integrierte Regenentwässerung [König2010] .....	95
Bild 4-19 Pylonknoten von außen vor der Sanierung [König2010] .....	95
Bild 4-20 Pylonknoten von außen nach der Sanierung [König2010] .....	95
Bild 4-21 Pylonknoten mit eingesetzten Verstärkungen [König2010] .....	96
Bild 4-22 Pylonknoten mit aufgesetzten Verstärkungsblech [König2010] .....	96
Bild 4-23 Diagonalstreben Fachwerk vor der Sanierung [König2010] .....	96
Bild 4-24 Knoten der Fachwerkdagonalen nach der Sanierung [König2010] .....	96
Bild 4-25 Träger mit Lamellen .....	96
Bild 4-26 Einfeldträger .....	97
Bild 4-27 Unterspannter Einfeldträger .....	97
Bild 4-28 Einfeldträger ohne Kopfbolzen .....	98
Bild 4-29 Einfeldträger mit Kopfbolzen als Verbundquerschnitt .....	98
Bild 4-30 Längsträger mit Schadstellen [Schmidt2010] .....	99
Bild 4-31 Längsträger nach der Sanierung [Schmidt2010] .....	99
Bild 4-32 Brückenüberbau vor der Sanierung [Schmidt2010] .....	100
Bild 4-33 Brückenüberbau nach der Sanierung [Schmidt2010] .....	100
Bild 4-34 Rissverpressung [Schmidt2010] .....	100
Bild 4-35 Rissverpressung einer Stütze [Baumann2010] .....	100
Bild 4-36 Befestigung eines Geländerpfosten .....	101
Bild 4-37 Brücke Entwässerung .....	101
Bild 4-38 Neu Brückenentwässerung .....	101
Bild 4-39 Abfluss .....	101
Bild 4-40 Einhausung einer Sanierungsstelle [Mezek2010] .....	102
Bild 4-41 Einhausung für Korrosionsschutz [Mezek2010] .....	102
Bild 4-42 Brückenfahrwagen für Korrosionsschutz [Sicking2010] .....	102
Bild 4-43 Beschichtung einer Brücke [Sicking2010] .....	102
Bild 4-44 Brückenstahlträger vor Sanierung [Kurz2010] .....	104
Bild 4-45 Brückenträger nach dem Sandstrahlen [Kurz2010] .....	104
Bild 4-46 Brückenträger nach Grundbeschichtung [Kurz2010] .....	106
Bild 4-47 Brückenträger nach der Sanierung [Kurz2010] .....	106
Bild 4-48 abgesenkte Schachtabdeckung [Oppermann2010] .....	108
Bild 4-49 Neu eingeebnete Schachtabdeckung [Oppermann2010] .....	108
Bild 4-50 [Mohr2010] .....	109
Bild 4-51 [Höllein2010] .....	109



Bild 4-52 Brückeneinlauf Schnittgerinne [Mohr2010] .....	109
Bild 4-53 Brückeneinlauf mit Laubfang [Mohr2010] .....	109
Bild 4-54 Eingebauter Brückeneinlauf mit Laubfang [Mohr2010] .....	109
Bild 4-55 Übergangsfuge mit Abdeckblech .....	109
Bild 4-56 Übergangsfuge mit eingelassenen Gummiprofil.....	109
Bild 4-57 Erhöhtes Brückengeländer.....	110
Bild 4-58 Deformiertes Brückengeländer [Saalman2010] .....	110
Bild 4-59 Intaktes Brückenländer [Saalman2010] .....	110
Bild 4-60 gemeinsamer Geh- und Radweg .....	111
Bild 4-61 getrennter Geh- und Radweg.....	111
Bild 4-62 Beschränkung der Durchfahrtshöhe.....	111
Bild 4-63 Absicherung gegen unbefugtes Befahren .....	111
Bild 4-64 Oberflächenschaden am Gehweg .....	111
Bild 4-65 Ordnungsgemäß angelegter Geh- und Radweg[Saalman2010] .....	111
Bild 4-66 Marode Flügelwand [Saalman2010] .....	112
Bild 4-67 Sanierung einer Stützwand [Schmidt2010] .....	112
Bild 4-68 Nietkopfschraube (Stahlbaurundschau) .....	112
Bild 4-69 Alte genietete Eisenbahnbrücke .....	112
Bild 4-70 altes Handgenietetes Brückengeländer [König2010] .....	113
Bild 4-71 saniertes Brückengeländer .....	113
Bild 5-1 Eisenbahnbrücke Striegistal.....	114
Bild 5-2 Elastomerlager Dollen [Breiteneder2010] .....	114
Bild 5-3 Elastomerlager Schrauben [Breiteneder2010] .....	114
Bild 5-4 Lagerplan .....	114
Bild 5-5 Querschnitt Fußgängerbrücke .....	116
Bild 5-6 Lagerung Betonplatte .....	116
Bild 5-7 Lindapter Befestigung [Lietzau2010] .....	116
Bild 5-8 Betonfertigteilplatte .....	116
Bild 5-9 Geländer .....	116
Bild 5-10 Brückenentwässerung .....	117

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 2-1 Epochen der Stahlientwicklung .....	10
Tabelle 2-2 Zulässige Chemische Schmelzanalyse für Baustahl S235JR FN .....	26
Tabelle 2-3 Ausgewählte Prüfbereiche [Mehlhorn2007] .....	48
Tabelle 2-4 Prüfziele und Prüfverfahren nach [Mehlhorn2007] .....	50
Tabelle 2-5 Aufwendige Prüfverfahren für Sonderprüfungen vgl. [Mehlhorn2007] .....	51
Tabelle 2-6 Messverfahren für Bauwerksdaten [Kühn2008] .....	51
Tabelle 2-7 Methoden zur Rissprüfung [Kühn2008] .....	65
Tabelle 2-8 Regelwerk Übersicht nach [Mehlhorn2007] .....	72
Tabelle 2-9 Schadensbewertung für Einzelschäden der Standsicherheit [RIPRÜF2007] .....	80
Tabelle 2-10 Zustandsnoten Beschreibung [ASBING2008] .....	81
Tabelle 2-11 Vergleich der Sicherheitskonzepte vgl. [Pawlowski2004] .....	83
Tabelle 2-12 Nachweisverfahren nach DIN 18800 und Eurocode EC 3 [Kindmann2003] .....	84
Tabelle 2-13 Elemente der Baulichen Bewertung [Meh2004] .....	87
Tabelle 4-1 Schutz und Instandsetzungsmaßnahmen am Beton nach DAfStb vgl. [DAfStb2001] ....	99
Tabelle 4-2 Definition nach RI-ERH-KOR [RIEKOR2006] .....	103
Tabelle 4-3 Arten von Oberflächenvorbereitungsverfahren [RIEKOR2006] .....	104
Tabelle 4-4 Möglichkeiten von Ausbesserungen nach Größe der Fehlstelle [RIEKOR2006] .....	105
Tabelle 4-5 Ausbesserungsvarianten vgl. [RIEKOR2006] .....	105
Tabelle 4-6 Übersicht über Schutzsysteme für Kategorie C3 Schutzdauer lang [Katzung2005] ....	106
Tabelle 5-1 Zulässige Beschichtungsstoffe nach TL/TP-KOR.....	115
Tabelle 5-2 Längenausdehnung gesamt.....	117
Tabelle 5-3 Längenausdehnung real .....	117

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Riesa , 13. Juni 2010

Tilo Sperling

# **Anlagen**

## **Inhaltsverzeichnis**

Anlagen .....	I
Inhaltsverzeichnis .....	I
Anlage A Bauwerksbuch .....	1
Anlage B Prüfbericht .....	2
Anlage C Zeichnungen .....	3
Anlage D Berechnungen .....	4
Anlage E Stahlbetonplatte Berechnung .....	41
Anlage F Darstellung des Kostenvergleichs.....	42
Literaturverzeichnis .....	43
Abbildungsverzeichnis.....	44
Selbstständigkeitserklärung .....	46

## **Anlage A**

*Bauwerksbuch*



# Titelblatt

## Bauwerksbuch

nach DIN 1076

Bauwerksname	<b>Eisenbahnüberführung Striegistal</b>
Teilbauwerksname	<b>Überbau</b>
Nächst gelegener Ort	<b>Hainichen</b>
Verwaltung	<b>HAINICHEN-STADT</b>
Bemerkungen	<b>alte Dienststellennummer: 563288 ; anderes Bauwerk nach DIN 1076; Umnutzung als Radwegbrücke; Letzte Bauwerksprüfung: 01.08.2000</b>





Name: **Eisenbahnüberführung Striegistal/Überbau**

**Bemerkung**      **Strebfachwerkartige Obergurtaussteifung und gekreuzte Querverbände**

Art: **Balkenbrücke / Mittelträger / Trapezplatte**

Ort: **Hainichen**

Konstrukt.: **genieteteter Vollwandträger als Einfeldträger**

Stadium: **BW nicht unter Verkehr, Ausföhr. Um-/Ausbau, örtl. Umleit. eigene Baulast**

Stat.Sys.L:

Stat.Sys.Q:

Amt: **SBA Chemnitz**

SM: **SM Hainichen**

Zustand: **4,0**                      EP: . .                      Baujahr: **1925**

Brkl: HP: **09.06.2010** MLC RIK:

Bst.Ubb.:

**Q.UBB: Zweistegiger Vollquerschnitt**

Q.HTW: **Mit Querschnitt des Überbaus identisch**

Felder: **5**      Stw: **10.50 [m]**



Ges.länge: **11,00 [m]**

Breite: **4,80 [m]**

Br.fläche: **55 [m²]**

Winkel: **61,10 - rechts [gon]**

UI/UA:      **UA bei SBV**

Baulast: **DB AG**

[illegible]



## **Inhaltsverzeichnis Bauwerksbuch Brücke**

<b>Seite</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Stand</b>
<b>1</b>	<b>Titelblatt</b>	<b>11.06.2010</b>
<b>2</b>	<b>Übersichtsblatt Bauwerksbuch</b>	
<b>3</b>	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>12.06.2010</b>
<b>4</b>	<b>Bestandsunterlagen</b>	
	4.1 Bauwerksskizze	11.06.2010
<b>5</b>	<b>Hauptbauteile</b>	
	5.1 Teilbauwerk	11.06.2010
	5.2 Brücke	11.06.2010
	5.3 Brückenfelder / -stützungen	11.06.2010
	5.4 Statisches System / Tragfähigkeit	06.06.2010
	5.5 Baustoffe	11.06.2010
<b>6</b>	<b>Konstruktionsteile</b>	
	6.1 Vorspannungen	
	6.2 Gründungen	11.06.2010
	6.3 Erd- und Felsanker	
	6.4 Brückenseile und -kabel	
	6.5 Lager	11.06.2010
	6.6 Fahrbahnübergangskonstruktion	11.06.2010
	6.7 Abdichtungen	
	6.8 Kappen	
	6.9 Schutzeinrichtungen	06.06.2010
	6.10 Ausstattungen	
	6.11 Gestaltung	11.06.2010
	6.12 Leitungen	
	6.13 Verfüllungen von Rissen und Hohlräumen	
	6.14 Betonersatzsysteme	

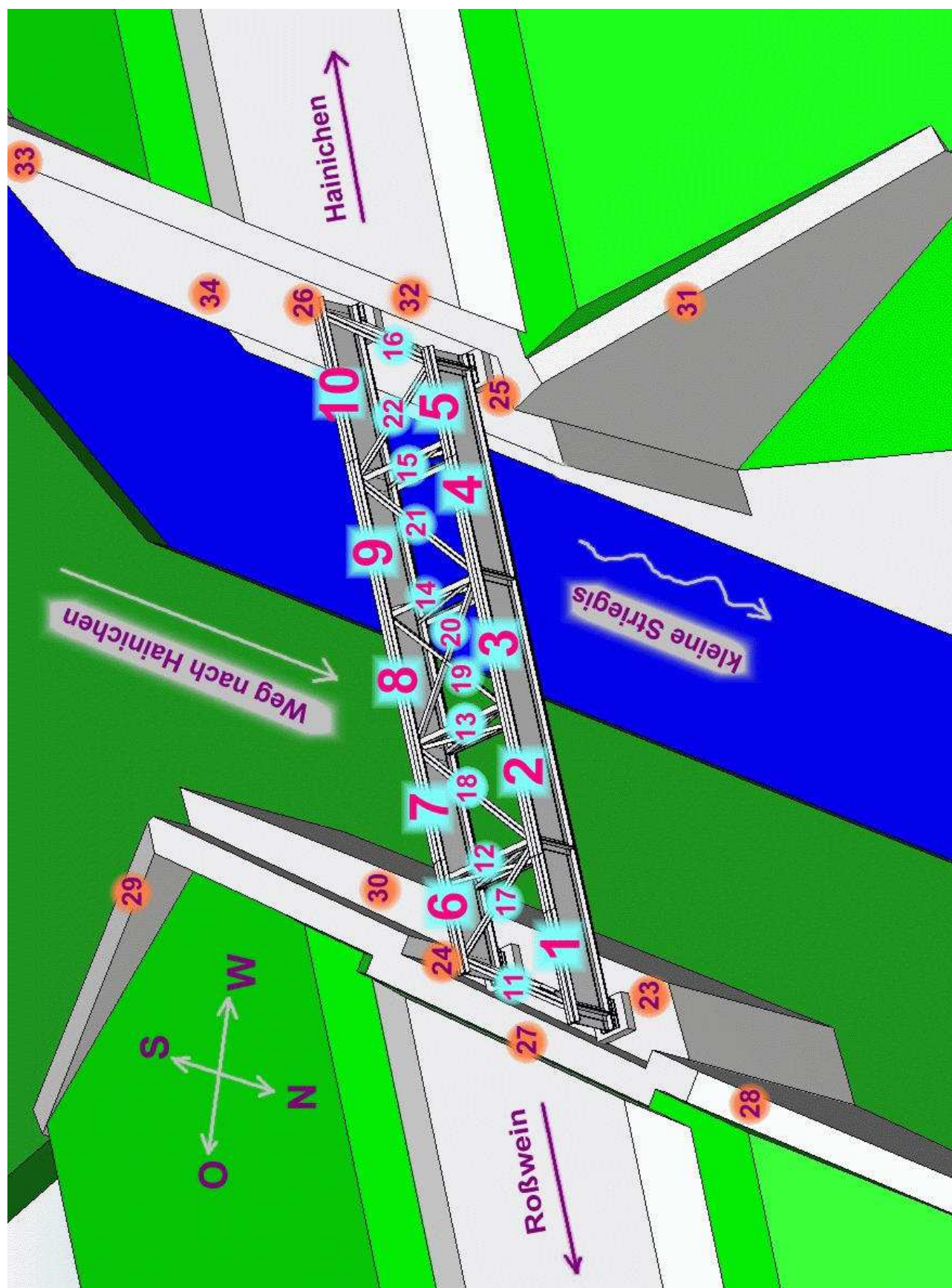


**Inhaltsverzeichnis Bauwerksbuch Brücke**

**(Fortsetzung)**

<b>Seite</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Stand</b>
	6.15 Oberflächenschutzsystem für Beton	
	6.16 Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge	
	6.17 Baustoffe der Konstruktionsteile	11.06.2010
<b>7</b>	<b>Prüfung / Zustand</b>	
	7.1 Prüfanweisungen	11.06.2010
	7.2 Notwendige Prüffahrzeuge / Prüfgeräte	05.06.2010
	7.3 Durchgeführte Prüfungen	11.06.2010
	7.4 Schäden	12.06.2010
	7.5 Bewertung	11.06.2010
	7.6 Empfehlungen	11.06.2010
<b>8</b>	<b>Planung / Bau / Verwaltung</b>	
	8.1 Entwürfe, Berechnungen	
	8.2 Verwaltungsmaßnahmen, Sondervereinbarungen	
	8.3 Bau- und Erhaltungsmaßnahmen	
<b>9</b>	<b>Sachverhalte</b>	
<b>11</b>	<b>Bauwerksbilder</b>	
<b>12</b>	<b>Anlage BW-BUCH</b>	<b>06.06.2010</b>

#### 4 Bauwerksskizze

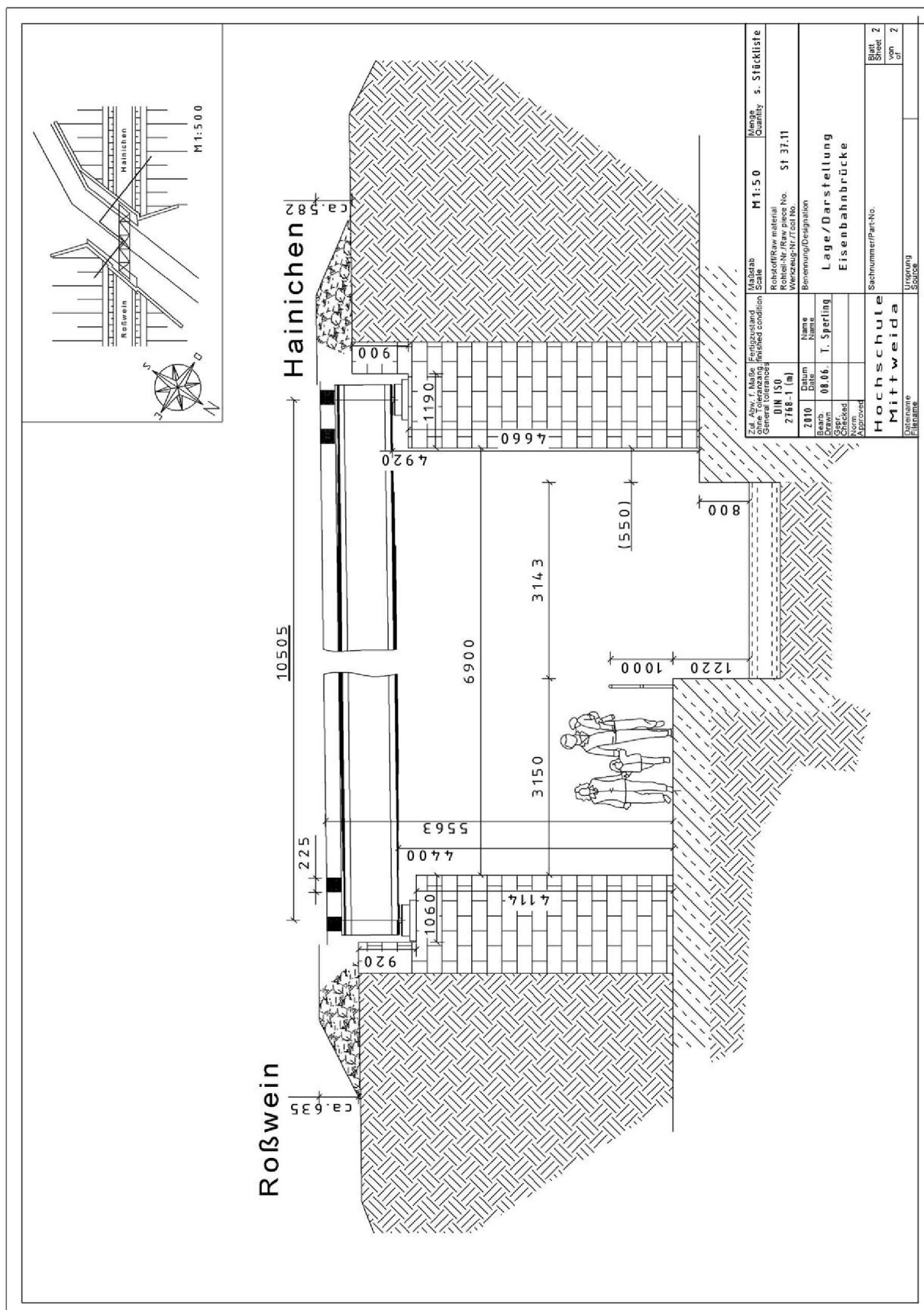






## 4 Bauwerksskizze

**(Fortsetzung)**





## **5 Hauptbauteile**

### **5.1 Teilbauwerk**

Bauwerksart **Balkenbrücke / Mittelträger / Trapezplatte**  
Stadium **BW nicht unter Verkehr, Ausführ. Um-/Ausbau, örtl. Umleit. eigene Baulast**  
Teilbauwerksname **Überbau**  
Konstruktion **genieteter Vollwandträger als Einfeldträger**  
BW-Stationierung **keine Stationierungsrichtung**  
BW-Richtung **Rechtsschief in Fließrichtung zur kleinen Striegis**

Amt **SBA Chemnitz**  
Meisterei **SM Hainichen**  
UI/UA **UA bei SBV**  
pflichtiger Partner  
Baulast Konstrukt **DB AG**

Bauwerksakte-Nr. **2504**  
Baujahr **1925** Int. Sortierschlüssel  
Datenerf. abgeschl. **Nein**  
Denkmalschutz **nein**  
Bemerkungen **Strebfachwerkartige Obergurtaussteifung und gekreuzte Querverbände**  
Unterlagen **Bauwerksbuch**

### **5.2 Brücke**

Querschnitt Überbau **Zweistegiger Vollquerschnitt**  
Querschnitt Haupttragwerk **Mit Querschnitt des Überbaus identisch**  
Bauverfahren Überbau **Sonstiges Bauverfahren**

Gesamtlänge	<b>11,00 m</b>	Zwischenraum Überbauten	
Breite	<b>4,80 m</b>	Konstruktionshöhe min.	<b>0,87 m</b>
Gesamtbreite	<b>5,00 m</b>	Konstruktionshöhe max.	<b>1,17 m</b>
Brückenfläche	<b>55 m²</b>	Max. Überschüttungshöhe	<b>0,64 m</b>
Längsneigung max.	<b>1,0 %</b>	Min. Überschüttungshöhe	<b>0,58 m</b>
Querneigung max.	<b>1,8 %</b>	Lichte Höhe	<b>4,40 m</b>
		Lichte Weite bei Einfeld	<b>6,90 m</b>
Krümmung	<b>Nicht gekrümmt (R &gt; 1500 m), nicht aufgeweitet</b>		
Bauwerkswinkel	<b>61 gon</b>	Winkelrichtung	<b>rechts</b>
Anzahl Felder	<b>5</b>	Anzahl Überbauten	<b>1</b>
Koppelfugen	<b>keine</b>	Anzahl Stege	<b>2</b>
Kon. Maßn. für n. Verst.	<b>Ja</b>		
Bemerkung Baugrund	<b>Naturstein/Sandstein</b>		





## 5 Hauptbauteile

Bemerkung **Genieteter Vollwandträger mit Lamellenverstärkung im Zug- und Druckbereich**

### 5.3 Brückenfelder / -stützungen

Feld	Stützweite m	Stützung	Stützungshöhe m	Anzahl Stützen in Querrichtung
<b>1</b>	<b>10,50</b>	<b>Widerlager , Massivwand</b>	<b>4,40</b>	<b>2</b>

Bemerkungen **Feld 1: Natursteinmauerwerk/Sandstein mit schwacher Betondeckung auf Widerlager und Kammerwänden aus Beton. Flügel ebenfalls aus Naturstein. Die Ansichtsfläche je Widerlagerseite beträgt 80 m<sup>2</sup>. Die volumenmäßige Menge umfasst 170 m<sup>3</sup>.**

### 5.4 Statisches System / Tragfähigkeit

Bauteil **Balken / Längsträger**  
Einstufung **1925**  
Tragfähigkeit **Bahnlasten**  
Bemessungslast **196,00 kN**  
Statischer Auslastungsgrad **72 %**  
Sonderabtragsrichtung **nein**  
Ersatzstützweite **10,50 m**  
Bemerkung **Für die Brücke gilt nach Deutscher Bundesbahn Richtlinie DV 804 von 1925 Lastenzug E. Die Kräfte je Gleis betragen dabei im Abstand von 1,5 m jeweils 6 x 20 t.**



## 5 Hauptbauteile

### 5.5 Baustoffe

Bauteil	<b>Balkenbrücke / Mittelträger / Trapezplatte</b>
Baustoff	<b>Stahl</b>
Stahlgüte	<b>S 235 (früher St 37) nicht schweißgeeignet</b>
Lieferfirma	<b>unbekannt</b>
Verbindm.	<b>Nietung</b>
Bemerkung	<b>Aufgrund der Überprüfung der chemischen Zusammensetzung kann von den festgestellten Werten an C, Si und P Puddelstahl ausgeschlossen werden. Aufgrund des Baujahres kann demzufolge von einem frühzeitigem Flussstahl ausgegangen werden. Das Bessmer Verfahren kommt wegen der erhöhten Anteile an Si und N nicht in Betracht. Als Herstellungsverfahren kann mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund der Werte von C und S das Siemens Martin Verfahren benannt werden. Um es noch genauer zu beziffern müsste eine chemische Nassanalyse des Stickstoffgehaltes durchgeführt werden. Eine prinzipielle Schweißeignung aufgrund des Kohlenstoff-Äquivalents von 0,23% in der Speckschicht wäre möglich, jedoch sind aufgrund der Streuung der chemischen Eigenschaften und der möglichen Seigerungszone genauere Untersuchungen notwendig. Für eine Schweißeignung muss mindestens die dicke Specksicht von dem Ort an dem die Schweißung stattfinden soll und eine Schweißprobe mit Untersuchung erfolgen.</b>

#### ***Korrosionsschutz:***

<u>Ausführungsumfang</u>	<b>Erstaufbringung</b>		
System	<b>andere Korrosionsschutzsysteme (Beschichtung)</b>		
Bauteiloberfläche	<b>Überwiegend alte Beschichtung (Ausbesserung, Teilerneuerung)</b>		
Oberflächenvorbereitung	<b>Hand- oder maschinelle Entrostung mit Oberflächenvorbereitungsgrad</b>		
Hauptbindem.Grndbesch.	<b>nicht ermittelbar</b>	Hauptpigment.Grndbesch.	<b>Bleimennige</b>
Hauptbindem.Zwibesch.	<b>nicht vorhanden</b>	Hauptpigment.Zwibesch.	<b>nicht vorhanden</b>
Hauptbindem.Deckbesch.	<b>nicht vorhanden</b>	Hauptpigment.Deckbesch.	<b>Hauptpigmente der</b>
Applikation	<b>Streichen</b>		
Anzahl Grundbeschicht.	<b>1</b>	Anzahl Zwi./Deckbesch.	<b>2</b>
Einbauort	<b>Komplette Außenansicht und Aussteifungen</b>		
Gesamtschichtdicke	<b>50 µm</b>	Beschichtete Fläche	<b>110 m2</b>
Bezeichnung	<b>Anstrich</b>		
Ausführende Firma	<b>PGH Maler Süd. Chemnitz</b>		
Einbaujahr	<b>1960</b>		
Bemerkung	<b>Letzter Anstrich vom 23.07.1960; Farbsystem unwirksam</b>		



## **6 Konstruktionsteile**

### **6.1 Vorspannungen**

**Keine Angaben**

### **6.2 Gründungen**

<u>Bauteil</u>	<b>Auflagerbank</b>
Art	<b>Flachgründung</b>
Typenbez.	<b>Auflagerbank Nr.30,</b>
Einbauort	<b>Seite Roßwein</b>
Einbaujahr	<b>1925</b>
Bemerkung	<b>Natursteinmauerwerk/Sandstein mit schwacher Betondeckung auf der Auflagerbank und den Kammerwänden aus Beton. Flügel ebenfalls aus Naturstein.</b>

<u>Bauteil</u>	<b>Auflagerbank</b>
Art	<b>Flachgründung</b>
Typenbez.	<b>Auflagerbank Nr.34</b>
Einbauort	<b>Seite Hainichen</b>
Einbaujahr	<b>1925</b>
Bemerkung	<b>Natursteinmauerwerk/Sandstein mit schwacher Betondeckung auf der Auflagerbank und Kammerwänden aus Beton. Flügel ebenfalls aus Naturstein.</b>

<u>Bauteil</u>	<b>hintere Kammerwand</b>
Art	<b>Flachgründung</b>
Typenbez.	<b>Kammerwand Nr. 27</b>
Einbauort	<b>Seite Roßwein</b>
Einbaujahr	<b>1925</b>
Bemerkung	<b>Kammerwand Beton</b>

<u>Bauteil</u>	<b>hintere Kammerwand</b>
Art	<b>Flachgründung</b>
Typenbez.	<b>Kammerwand Nr. 32</b>
Einbauort	<b>Seite Hainichen</b>
Einbaujahr	<b>1925</b>
Bemerkung	<b>Kammerwand aus Beton</b>



## **6 Konstruktionsteile**

Bauteil      **Flügel**  
Art            **Flachgründung**  
Typenbez.    **Linker Flügel Nr. 28**  
Einbauort    **Seite Roßwein mit Blick in diese Richtung.**  
Einbaujahr   **1925**  
Bemerkung   **Flügel aus Natursteinmauerwerk mit Mörtelfugen. Im oberen Breich zum Übergang der Kammerwand aus Ziegelmauerwerk.**

Bauteil      **Flügel**  
Art            **Flachgründung**  
Typenbez.    **Rechter Flügel Nr. 29**  
Einbauort    **Seite Roßwein mit Blick in diese Richtung.**  
Einbaujahr   **1925**  
Bemerkung   **Flügel aus Natursteinmauerwerk mit Mörtelfugen. Im oberen Breich zum Übergang der Kammerwand aus Ziegelmauerwerk.**

Bauteil      **Flügel**  
Art            **Flachgründung**  
Typenbez.    **Rechter Flügel Nr. 31**  
Einbauort    **Seite Hainichen mit Blick in diese Richtung**  
Einbaujahr   **1925**  
Bemerkung   **Flügel aus Natursteinmauerwerk mit Mörtelfugen. Im oberen Breich zum Übergang der Kammerwand aus Ziegelmauerwerk.**

Bauteil      **Flügel**  
Art            **Flachgründung**  
Typenbez.    **Linker Flügel Nr. 33**  
Einbauort    **Seite Hainichen mit Blick in diese Richtung**  
Einbaujahr   **1925**  
Bemerkung   **Flügel aus Natursteinmauerwerk mit Mörtelfugen. Im oberen Breich zum Übergang der Kammerwand aus Ziegelmauerwerk.**

### **6.3 Erd- und Felsanker**

**Keine Angaben**



## 6 Konstruktionsteile

### 6.4 Brückenseile und -kabel

**Keine Angaben**

### 6.5 Lager

<u>Bauteil</u>	<b>Widerlager , Massivwand</b>		
Art	<b>Linienkipplager aus Stahlguss, Baustahl, geschweißter Konstr. oder kombiniert</b>		
Einbauort	<b>Auflagerbank Nr. 30, Roßwein (Auflager Nr. 23 und 24)</b>		
Hersteller	<b>Hersteller unbekannt</b>		
Anzahl	<b>2 Stck</b>	Einbaujahr	<b>1925</b>
Typenbezeichn.	<b>Linienkipplager</b>		
Kritische Temperatur Winter	<b>-20</b>	°C	Kritische Temperatur Sommer <b>50</b> °C
Bemerkung	<b>Auf der Seite Richtung Roßwein befinden sich 2 Festlager mit Kanaggenfeststellung in Längs- und Querrichtung. Die Lagerart ist ein Linienkipplager, das heißt es ist eine Rotationsfähigkeit in Längsrichtung gegeben.</b>		

<u>Bauteil</u>	<b>Widerlager , Massivwand</b>		
Art	<b>sonstige Gleitlager mit Kippvorrichtung</b>		
Einbauort	<b>Auflagerbank Nr. 34, Hainichen (Lager Nr. 25 und 26)</b>		
Hersteller	<b>Hersteller unbekannt</b>		
Anzahl	<b>2 Stck</b>	Einbaujahr	<b>1925</b>
Typenbezeichn.	<b>Linienkipplager</b>		
Kritische Temperatur Winter	<b>-20</b>	°C	Kritische Temperatur Sommer <b>50</b> °C
Bemerkung	<b>Auf der Seite Richtung Hainichen sind Gleitlager, (Loslager in Längsrichtung mit seitlicher Halterung) montiert. Die Ausführung stellt sich ebenfalls als Linienkipplager dar.</b>		

### 6.6 Fahrbahnübergänge

<u>Bauteil</u>	<b>Balken / Längsträger</b>		
Art	<b>ohne Übergangskonstruktion</b>		
Einbauort	<b>Kein Fahrbahnübergang mehr vorhanden, da ursprünglich Balken und Schienen verlegt waren.</b>		
Anz.der Lamellen	Anzahl	Einbaujahr <b>1925</b>	
Lärmminderung			
Gesamtdehnweg	Konst.Länge		
Hersteller	<b>Hersteller unbekannt</b>		
Typenbezeichn.	<b>keine</b>		
Regelgeprüft	<b>nein</b>	Wartungsgang	<b>nicht vorhanden</b>
Kritische Temperatur Winter	<b>-20</b>	°C	Kritische Temperatur Sommer <b>50</b> °C
Bemerkung	<b>Eine Längenänderung in Brückenhauptachsen muss mit rund 9,3 mm aufnehmbar sein. In Querrichtung wird eine Längenänderung von 1,5 mm erwartet. Beide Werte werden ohne Zwängung von den Lagerkonstruktionen sichergestellt.</b>		



## **6 Konstruktionsteile**

**6.7 Abdichtungen** **Keine Angaben**

**6.8 Kappen** **Keine Angaben**

### **6.9 Schutzeinrichtungen**

<u>Bauteil</u>	<b>Balken / Längsträger</b>		
Art	<b>Geländer</b>		
Einbauort	<b>Brückenhauptträger</b>		
Länge	<b>12,00 m</b>	Höhe	<b>1,00 m</b>
Bemerkung	<b>Nicht mehr vorhanden</b>		
		Einbaujahr	<b>1925</b>

**6.10 Ausstattungen** **Keine Angaben**

### **6.11 Gestaltung**

<u>Bauteil</u>	<b>Überbau</b>
Art	<b>Gleisschwellen für Schienenauflagerung aus Holz 22 x 22 cm ca. 4600 - 4800 mm lang.</b>
Einbauort	<b>Auf Hauptträger</b>
<u>Bauteil</u>	<b>Überbau</b>
Art	<b>Gitterroste für Gehweg auf Gleisschwellen auflagernd.</b>
Einbauort	<b>Auf querliegende Gleisschwellen über Hauptträger</b>
<u>Bauteil</u>	<b>Überbau</b>
Art	<b>Betonschwellen zwischen Schienen.</b>
Einbauort	<b>Auf Gleisschwellen</b>

**6.12 Leitungen** **Keine Angaben**

**6.13 Verfüllung von Rissen und Hohlräumen** **Keine Angaben**

**6.14 Betonersatzsysteme** **Keine Angaben**

**6.15 Oberflächenschutzsystem für Beton** **Keine Angaben**

**6.16 Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge** **Keine Angaben**



## **6 Konstruktionsteile**

**(Fortsetzung)**





## 7 Prüfung / Zustand

### 7.1 Prüfanweisungen

Abweichende Prüfpflicht	<b>ist nicht bekannt</b>
Prüfanweisungen	<b>Das Bauwerk ist auf optische Schäden der Tragstruktur und Lager zu prüfen. Die Oberflächenbeschichtung ist auf Haftzugfestigkeit zu untersuchen. Verbindungsmittel und Anschlüsse sind abzuklopfen, um lose Fehlstellen aufzuspüren. Die Verkehrssicherheit des Überganges einschließlich Geländer ist festzustellen. Gründung, Wiederlager, Kammerwände, Flügelwände und Auflagerbettung sind genauer zu betrachten. Neigungen in Längs- und Querrichtung sind zu notieren. Wichtige Hauptmaße und Höhen sind zu kontrollieren und auf Setzung zu prüfen. Es sind weiterhin Materialproben der Hauptträger zu entnehmen, um die chemische Zusammensetzung und die mechanisch technologischen Eigenschaften zu bestimmen.</b>
Tauchereinsatz	<b>nicht erforderlich</b>
Prüfung elektrischer Anlagen	<b>nicht erforderlich</b>
Prüfung maschineller Anlagen	<b>nicht erforderlich</b>
Bemerkung	<b>Die Prüfrichtung ist wie angegeben aus Richtung Roßwein in Bahnlinienrichtung Hainichen durchzuführen. Als Besichtigungseinrichtung steht ein Hubsteigegerät zur Verfügung.</b>

### 7.2 Notwendige Prüffahrzeuge, Prüfgeräte

Einsatzdauer (Tage)	Gerät
<b>3,0 Tage</b>	<b>Mobiler Überflursteiger über 8 m bis 20 m Höhe</b>

Bemerkung **Mobiler Überflursteiger über 8 m bis 20 m Höhe  
Das Gerät darf nur nach Einweisung bedient werden!**

### 7.3 Durchgeführte Prüfungen

Art	Datum	Zyklus	Zustand
<b>Hauptprüfung</b>	<b>09.06.2010</b>	<b>72 Monate</b>	<b>4,0</b>

## 7 Prüfung / Zustand

### 7.4 Schäden

#### Überbau - Balkenbrücke / Mittelträger / Trapezplatte

[41] Überbau, alle, Prüfung nicht möglich, alter Schaden nicht behoben, Unterhaltungsmangel, Befestigung der Schienen (Klemmen) abgebrannt, Schienen nicht mehr vorhanden

S=0, V=4, D=0 EP



#### SCHIENENBEFESTIGUNG

[39] Überbau, zahlreich, locker / lose, Schadensenerweiterung, Die Stadt / Gemeinde ist zu informieren., Laufsteg Gitterroste fehlen teilweise oder sind unzureichend befestigt.

S=0, V=4, D=0 EP



#### BLICK ROßWEIN

[38] Überbau, bereichsweise, verfault / vermodert, Schadensenerweiterung, Unterhaltungsmangel, Gleisschwellen am Kopfbereich verfault, Befestigung durch Hakenschrauben lose und teilweise abgebrannt, Verschiebung der Lage möglich

S=3, V=3, D=3 EP



#### SCHWELLENBEFESTIGUNG

[40] Überbau, ausgeprägt, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, alter Schaden nicht behoben, Die Stadt / Gemeinde ist zu informieren., Abdeckung der offenen Fahrbahn zwischen den Gleisen durch Stahlbetonschwellen nicht mehr gegeben, Betonschwellen ausgebrochen, lose und verschieblich,

S=0, V=3, D=2 EP



#### BETONPLATTEN



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[2] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, abgeblättert, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 1  
S=2, V=0, D=2 EP



POS 1

[7] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, flächendeckend, verwittert, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 6  
S=1, V=0, D=2 EP



POS 6

[5] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 4  
S=0, V=0, D=1 EP



POS 4

[11] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, mehrfach, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 10  
S=0, V=0, D=2 EP



POS 10

## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[3] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, verrostet mit Blattrostdbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 2

S=1, V=0, D=2 EP



POS 2

[4] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, verrostet mit Blattrostdbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 3

S=1, V=0, D=2 EP



POS 3

[6] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, bereichsweise, verrostet mit Blattrostdbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 5

S=1, V=0, D=2 EP



POS 5

[9] Balken / Längsträger, Flansch des geschweißten / genieteten Profils, bereichsweise, Rostauftrieb infolge Spaltkorrosion, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 8

S=1, V=0, D=3 EP



POS 8



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[10] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, stellenweise, abwitternde Beschichtung, Untergrund rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 9  
S=1, V=0, D=2 EP



POS 9

[8] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, ausgeprägt, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 7  
S=1, V=0, D=2 EP



POS 7

[12] Querträger, Niet der Flanschlase, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 11 mit Rost an den Verbindungsmitteln zum Hauptträger  
S=0, V=0, D=1 EP



POS 11

[16] Querträger, Winkel, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 15, stellenweise lokaler Rost an Verbindungsmitteln und Schmutzansammlungen  
S=0, V=0, D=2 EP



POS 15

## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[17] Querträger, Winkel, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 16, stellenweise lokaler Rost an Verbindungsmitteln und Schmutzansammlungen  
S=0, V=0, D=2 EP



POS 16

[13] Querträger, Winkel, mehrfach, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 12  
S=1, V=0, D=3 EP



POS 12

[14] Querträger, Winkel, mehrfach, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 13  
S=1, V=0, D=3 EP



POS 13

[15] Querträger, Winkel, teilweise, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 14  
S=0, V=0, D=2 EP



POS 14



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[18] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Winkel, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 17, stellenweise lokaler Rost an Verbindungsmitteln und Farbabplatzung

S=0, V=0, D=2 EP



POS 17

[22] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlase, mehrfach, Rostauftrieb infolge Spaltkorrosion, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 21, Rost an Verbindungsmitteln

S=0, V=0, D=2 EP



POS 21

[23] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlase, mehrfach, Rostauftrieb infolge Spaltkorrosion, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 22, Rost an Verbindungsmitteln

S=0, V=0, D=2 EP



POS 22

[19] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlase, mehrfach, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 18, Rost an Verbindungsmitteln und Farbabplatzung

S=1, V=0, D=3 EP



POS 18



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[20] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlasche, mehrfach, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 19, Rost an Verbindungsmitteln und Farbabplatzung  
S=0, V=0, D=2 EP

[21] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlasche, mehrfach, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 20, Rost an Verbindungsmitteln  
S=0, V=0, D=2 EP

#### **Unterbau**

[37] Unterbau, ausgeprägt, bewachsen, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel  
S=0, V=0, D=2 EP

[42] Unterbau, größtenteils, Wasserausolkung/-ausspülung, alter Schaden nicht behoben, Unterhaltungsmangel, Bachvorlage auf der Seite Hainichen, Beton auf der gesamten Länge ausgewaschen und teilweise abgeplatzt,  
S=0, V=0, D=2 EP



GRÜNDUNG HAINICHEN2

[43] Unterbau, teilweise, Wasserausolkung/-ausspülung, alter Schaden nicht behoben, Unterhaltungsmangel, Auf Seite Roßwein Stützmauer für Geländer mit Funktion der Bachführung ausgewaschen und schadhafte Dehnungsfugen.  
S=0, V=0, D=2 EP



GEHWEG

#### **Gründung**

[27] hintere Kammerwand, Gründung, Betonansichtsfläche, bereichsweise, durchfeuchtet mit Ausblühungen / Aussinterungen, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Kiesnester, Absandung, mäßige Durchfeuchtung Pos. 27  
S=0, V=0, D=1 EP



POS 27



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[31] hintere Kammerwand, Gründung, Betonansichtsfläche, bereichsweise, durchfeuchtet mit Ausblühungen / Aussinterungen, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Kiesnester, Absandung, mäßige Durchfeuchtung, Schrägriss Pos. 32

S=1, V=0, D=2 EP



POS 32

[30] Auflagerbank, Gründung, mehrfach, Querrisse, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Durch Baumbewuchs Quer- und Längsriss in der Betonkappe, Schmutzablagerungen, loses Gestein Pos. 30

S=2, V=0, D=2 EP



POS 30

[32] Auflagerbank, Gründung, mehrfach, Querrisse, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Durch Baumbewuchs Quer- und Längsriss in der Betonkappe, Schmutzablagerungen, loses Gestein Pos. 34

S=3, V=1, D=3 EP



POS 34

[29] Flügel, Gründung, zahlreich, Längsriss, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Rechte Flügelwand, durch Baumbewuchs tiefe Längsriss im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Absturzgefahr durch loses Mauerwerk Pos. 29

S=2, V=1, D=2 EP



POS 29



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**

[34] Flügel, Gründung, zahlreich, Längsrisse, Schadensenerweiterung, Unterhaltungsmangel, Rechte Flügelwand, durch Baumbewuchs tiefe Längsrisse im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Absturzgefahr durch loses Mauerwerk Pos. 31  
S=2, V=0, D=2 EP



POS 31

[28] Flügel, Gründung, zahlreich, Querrisse, Schadensenerweiterung, Unterhaltungsmangel, Linke Flügelwand, durch Baumbewuchs tiefe Querrisse im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Absturzgefahr durch loses Mauerwerk Pos. 28  
S=2, V=1, D=2 EP



POS 28

[33] Flügel, Gründung, zahlreich, Querrisse, Schadensenerweiterung, Unterhaltungsmangel, Linke Flügelwand, durch Baumbewuchs tiefe Querrisse im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Schmutzablagerungen Pos. 33  
S=2, V=0, D=2 EP



POS 33

### **Lager - Linienkipplager**

[24] Widerlager, Linienkipplager aus Stahlguss, Baustahl, geschweißter Konstr. oder kombiniert, flächendeckend, verrostet mit Narbenbildung, Anzahl: 1 Stück, Schadensenerweiterung, Unterhaltungsmangel, Festlager Pos. 23  
S=0, V=0, D=2 EP



POS 23



## 7 Prüfung / Zustand

### 7.4 Schäden

[25] Widerlager, Linienkipplager aus Stahlguss, Baustahl, geschweißter Konstr. oder kombiniert, flächendeckend, verrostet mit Narbenbildung, Anzahl: 1 Stück, Schadensenerweiterung, Unterhaltungsmangel, Sockel Sanierung schadhaft, Pos. 24  
S=0, V=0, D=2 EP



POS 24

#### **Lager - Sonstige Gleitl. mit Kippvorrichtung (ohne Verformungslager) einachsrig b**

[1] Widerlager, Sonstige Gleitl. mit Kippvorrichtung (ohne Verformungslager) einachsrig bewegl., flächendeckend, schadhaft, Anzahl: 1 Stück, Instandsetzung schadhaft, Unterhaltungsmangel, Beton Unterstopfung gerissen und abgesprengt, Flächiger Rost, Abplatzungen, Spaltkorrosion Pos. 25  
S=2, V=0, D=3 EP



POS 25

[26] Widerlager, Sonstige Gleitl. mit Kippvorrichtung (ohne Verformungslager) einachsrig bewegl., flächendeckend, verwittert, Anzahl: 1 Stück, Schadensenerweiterung, Unterhaltungsmangel, Flächiger Rost, Abplatzungen, Pos. 26  
S=0, V=0, D=2 EP



POS 26

#### **Fahrbahnübergang - ohne Abschlussprofil**

[36] Überbau, ohne Abschlussprofil, gesamtes Bauteil, Prüfung nicht möglich, alter Schaden nicht behoben, Mängelanspruch  
S=0, V=3, D=2 EP



KAMMERWAND HAINICHEN2



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.4 Schäden**



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.5 Bewertung**

#### **Standsicherheit (max S = 3)**

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standsicherheit des Bauteils und des Bauwerks.

Eine Nutzungseinschränkung ist gegebenenfalls umgehend vorzunehmen.

Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich.

Wegen Schäden an folgenden Bauteilen:

- Überbau
- Gründung

#### **Verkehrssicherheit (max V = 4)**

Durch den Mangel/Schaden ist die Verkehrssicherheit nicht mehr gegeben.

Sofortige Maßnahmen sind während der Bauwerksprüfung erforderlich.

Eine Nutzungseinschränkung ist umgehend vorzunehmen.

Die Instandsetzung oder Erneuerung ist einzuleiten.

Wegen Schäden an folgenden Bauteilen:

- Geländer als Absturzsicherung
- Überbau

#### **Dauerhaftigkeit (max D = 3)**

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Dauerhaftigkeit des Bauteils und führt mittelfristig

zur Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit des Bauwerks. Eine Schadensausbreitung oder

Folgeschädigung anderer Bauteile ist zu erwarten.

Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich.

Wegen Schäden an folgenden Bauteilen:

- Überbau
- Balken / Längsträger
- Querträger
- Aussteifungsverband des Fachwerkes
- Sonstige Gleitl. mit Kippvorrichtung (ohne Verformungslager) einachsrig bewegl.
- Gründung

**Zustandsnote: 4,0**

### **7.6 Empfehlungen**

<u>Art der Leistung</u>	Verkehrssicherung (lfd m Baustellenlänge ME -H-)	
Menge	30	Geschätzte Kosten 500 EURO
Dringlichkeit	umgehend	
Projektbezeichnung	Absturzsicherung	
Bemerkung	Das Bauwerk ist umgehend mit geeigneten Mitteln abzusperren, da Lebensgefahr durch abstürzen besteht. Der Baumbewuchs auf den Auflgerbänken muss entfernt werden, um weitere Absprengungen zu vermeiden. Bruchsteinmauerwerk ist vor herunterfallen zu sichern.	



## **7 Prüfung / Zustand**

### **7.6 Empfehlungen**

**(Fortsetzung)**

<u>Art der Leistung</u>	Unterbau Risseinstandsetzung (lfd m Riss -D-)
Menge	-- Geschätzte Kosten 10000 EURO
Dringlichkeit	kurzfristig
Projektbezeichnung	Sanierung der Auflagerbänke
Bemerkung	Instandsetzung der Auflagerbank Richtung Hainichen, Sanierung des Mauerwerks der Flügelwände
<u>Art der Leistung</u>	Überbau Korrosionsschutz Vollerneuerung (m² Instandsetzungsfläche -F-)
Menge	110 Geschätzte Kosten 15000 EURO
Dringlichkeit	mittelfristig
Projektbezeichnung	Korrosionsschutz
Bemerkung	Vollerneuerung des Farbanstriches mit vorheriger Strahlvorbereitung für Oberflächenreinheitsgrad Sa 2 1/2, Korrosionsschutzsystem mit 1er Grund-, 2 zwischen und 1er Deckbeschichtung zu je 80 um. Grund und Zwischenschicht auf Epoxid-Zink Basis, Deckschicht PUR-Acryl,
<u>Art der Leistung</u>	Unterbau Risseinstandsetzung (lfd m Riss -D-)
Menge	-- Geschätzte Kosten 20000 EURO
Dringlichkeit	mittelfristig
Projektbezeichnung	Widerlager Sanierung
Bemerkung	Komplettsanierung der Widerlager mit Ersatz der fehlenden Natursteine und verfugen, Sämtliche Risse in Flügelwänden und Kammerwänden beseitigen, Entwässerungseinrichtungen anbringen und erneuern,
<u>Art der Leistung</u>	Lager Instandsetzung und Korrektur von Führungseinrichtungen (Stück -C-)
Menge	4 Geschätzte Kosten 1600 EURO
Dringlichkeit	mittelfristig
Projektbezeichnung	Lagerinstandsetzung
Bemerkung	Alle Lager reinigen und neuen Korrosionsschutz aufbringen, Lager Pos. 25 neu ausrichten und Fundament erneuern,
<u>Art der Leistung</u>	Überbauerneuerung im Rahmen einer Erweiterungsmaßnahme (m² Bauwerksfläche -O-)
Menge	42 Geschätzte Kosten 21000 EURO
Dringlichkeit	langfristig
Projektbezeichnung	Umnutzung zur Geh- und Radwegbrücke
Bemerkung	Fertigung einer Stahlbetonplatte mit Entwässerungseinrichtunge, Oberflächenbeschichtung, Farbahnübergängen, Geländer nach Gel 4, Absperrvorrichtung gegen unbefugtes befahren,





**8 Planung / Bau / Verwaltung**

<b>8.1</b>	<b>Entwürfe, Berechnungen</b>	<b>Keine Angaben</b>
<b>8.2</b>	<b>Verwaltungsmaßnahmen, Sondervereinbarungen</b>	<b>Keine Angaben</b>
<b>8.3</b>	<b>Bau- und Erhaltungsmaßnahmen</b>	<b>Keine Angaben</b>



## **9 Sachverhalt**

Lage

Sachverhalt



## **11 Bauwerksbilder**

**Keine Bauwerksbilder vorhanden**





## **12 Sonstige Anlagen**

**Materialprüfung (chemische Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften)**

## **Anlage B**

### **Prüfbericht**



# Prüfbericht 2010 H

nach DIN 1076

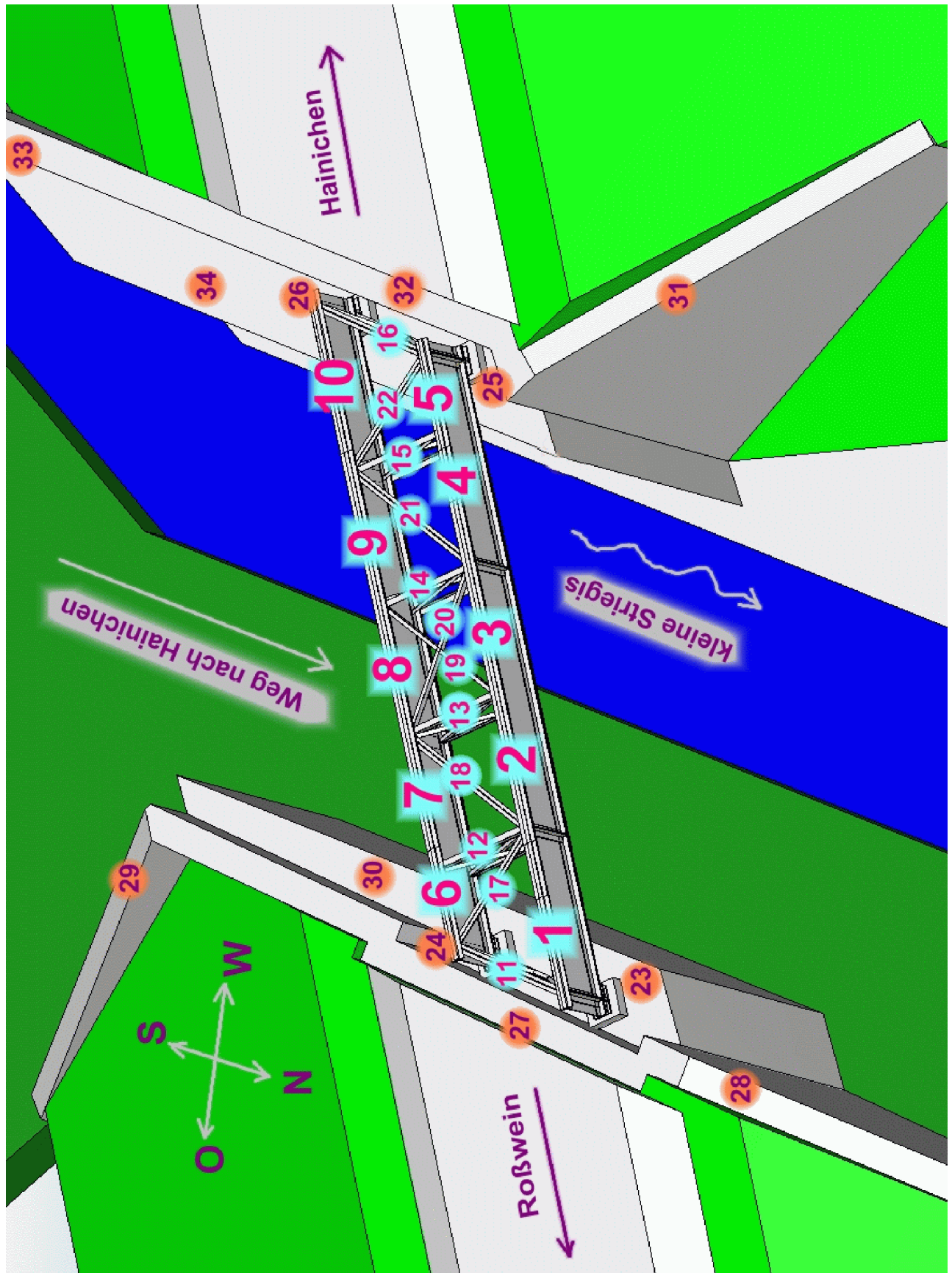
Bauwerksname **Eisenbahnüberführung Striegistal**  
Teilbauwerksname **Überbau**  
Kreis **HAINICHEN-STADT**  
Ort **Hainichen**  
Bauwerksrichtung **Rechtsschief in Fließrichtung zur kleinen Striegis**  
Bauwerksart **Balkenbrücke / Mittelträger / Trapezplatte**  
Baujahr **1925**

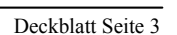
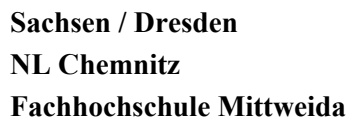


Prüfrichtung **Es ist vom Lager 23 ausgehend, von Richtung  
Roßwein aus nach Hainichen zu prüfen**  
Prüfer **Tilo Sperling**  
Prüfung vom **05.03.2010** bis **09.06.2010**

**Zustandsnote: 4,0**











## Schadensbeschreibung

S V D

### Überbau - Balkenbrücke / Mittelträger / Trapezplatte

- [41] Überbau, alle, Prüfung nicht möglich, alter Schaden nicht behoben, Unterhaltungsmangel, Befestigung der Schienen (Klemmen) abgebrannt, Schienen nicht mehr vorhanden, EP

0 4 0



SCHIENENBEFESTIGUNG

- [39] Überbau, zahlreich, locker / lose, Schadensweiterung, Die Stadt / Gemeinde ist zu informieren., Laufsteg Gitterroste fehlen teilweise oder sind unzureichend befestigt., EP

0 4 0



BLICK ROßWEIN



## Schadensbeschreibung

S V D

- [38] Überbau, bereichsweise, verfault / vermodert, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Gleisschwellen am Kopfbereich verfault, Befestigung durch Hakenschrauben lose und teilweise abgebrannt, Verschiebung der Lage möglich, EP 3 3 3



SCHWELLENBEFESTIGUNG

- [40] Überbau, ausgeprägt, Abplatzung mit freiliegender Bewehrung, alter Schaden nicht behoben, Die Stadt / Gemeinde ist zu informieren., Abdeckung der offenen Fahrbahn zwischen den Gleisen durch Stahlbetonschwellen nicht mehr gegeben, Betonschwellen ausgebrochen, lose und verschieblich., EP 0 3 2



BETONPLATTEN





## Schadensbeschreibung

S V D

- [2] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, abgeblättert, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 1, EP 2 0 2



POS 1

- [7] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, flächendeckend, verwittert, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 6, EP 1 0 2



POS 6



## Schadensbeschreibung

S V D

- [5] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, bemoost, Schadensweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 4, EP

0 0 1



POS 4

- [11] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, mehrfach, verrostet mit Blattrostbildung, Schadensweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 10, EP

0 0 2



POS 10





## Schadensbeschreibung

S V D

- [3] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 2, EP

1 0 2



POS 2

- [4] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, zahlreich, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 3, EP

1 0 2



POS 3



## Schadensbeschreibung

S V D

- [6] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, bereichsweise, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 5, EP

1 0 2



POS 5

- [9] Balken / Längsträger, Flansch des geschweißten / genieteten Profils, bereichsweise, Rostauftrieb infolge Spaltkorrosion, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 8, EP

1 0 3



POS 8



## Schadensbeschreibung

**S V D**

- [10] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, stellenweise, abwitternde Beschichtung, Untergrund rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 9, EP 1 0 2



POS 9

- [8] Balken / Längsträger, Geschweißtes / genietetes Profil, ausgeprägt, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Hauptträger Pos. 7, EP 1 0 2



POS 7





## Schadensbeschreibung

S V D

- [12] Querträger, Niet der Flansclasche, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 11 mit Rost an den Verbindungsmitteln zum Hauptträger, EP 0 0 1



POS 11

- [16] Querträger, Winkel, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 15, stellenweise lokaler Rost an Verbindungsmitteln und Schmutzansammlungen, EP 0 0 2



POS 15



## Schadensbeschreibung

S V D

- [17] Querträger, Winkel, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 16, 0 0 2  
stellenweise lokaler Rost an Verbindungsmitteln und Schmutzansammlungen, EP



POS 16

- [13] Querträger, Winkel, mehrfach, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, 1 0 3  
Querverband Pos. 12, EP



POS 12



## Schadensbeschreibung

S V D

- [14] Querträger, Winkel, mehrfach, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 13, EP

1 0 3



POS 13

- [15] Querträger, Winkel, teilweise, verrostet mit Blattrostbildung, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Querverband Pos. 14, EP

0 0 2



POS 14





## Schadensbeschreibung

S V D

- [18] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Winkel, mehrfach, bemoost, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, 0 0 2  
Horizontalverband Pos. 17, stellenweise lokaler Rost an Verbindungsmitteln und Farbabplatzung, EP



POS 17

- [22] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlache, mehrfach, Rostauftrieb infolge Spaltkorrosion, 0 0 2  
Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 21, Rost an Verbindungsmitteln, EP



POS 21



## Schadensbeschreibung

S V D

- [23] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlase, mehrfach, Rostauftrieb infolge Spaltkorrosion, 0 0 2  
Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 22, Rost an Verbindungsmitteln, EP



POS 22

- [19] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlase, mehrfach, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund 1 0 3  
rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 18, Rost an Verbindungsmitteln  
und Farbabplatzung, EP



POS 18





## Schadensbeschreibung

S V D

- [20] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlasche, mehrfach, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund 0 0 2  
rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 19, Rost an Verbindungsmitteln  
und Farbabplatzung, EP
- [21] Aussteifungsverband des Fachwerkes, Niet der Flanschlasche, mehrfach, abgeplatzte Beschichtung, Untergrund 0 0 2  
rostig, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Horizontalverband Pos. 20, Rost an Verbindungsmitteln,  
EP

## Unterbau

- [37] Unterbau, ausgeprägt, bewachsen, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, EP 0 0 2
- [42] ... größtenteils, Wasserausolkung/-ausspülung, alter Schaden nicht behoben, Unterhaltungsmangel, 0 0 2  
Bachvorlage auf der Seite Hainichen, Beton auf der gesamten Länge ausgewaschen und teilweise abgeplatzt,,  
EP



GRÜNDUNG HAINICHEN2

- [43] Unterbau, teilweise, Wasserausolkung/-ausspülung, alter Schaden nicht behoben, Unterhaltungsmangel, Auf 0 0 2  
Seite Roßwein Stützmauer für Geländer mit Funktion der Bachführung ausgewaschen und schadhafte  
Dehnungsfugen., EP



GEHWEG



## Schadensbeschreibung

S V D

### Gründung

- [27] hintere Kammerwand, Gründung, Betonansichtsfläche, bereichsweise, durchfeuchtet mit Ausblühungen / 0 0 1  
Aussinterungen, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Kiesnester, Absandung, mäßige Durchfeuchtung  
Pos. 27, EP



POS 27

- [31] hintere Kammerwand, Gründung, Betonansichtsfläche, bereichsweise, durchfeuchtet mit Ausblühungen / 1 0 2  
Aussinterungen, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Kiesnester, Absandung, mäßige Durchfeuchtung,  
Schrägriss Pos. 32, EP



POS 32





## Schadensbeschreibung

S V D

- [30] Auflagerbank, Gründung, mehrfach, Querrisse, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Durch Baumbewuchs Quer- und Längsrisse in der Betonkappe, Schmutzablagerungen, loses Gestein Pos. 30, EP 2 0 2



POS 30

- [32] Auflagerbank, Gründung, mehrfach, Querrisse, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Durch Baumbewuchs Quer- und Längsrisse in der Betonkappe, Schmutzablagerungen, loses Gestein Pos. 34, EP 3 1 3



POS 34





## Schadensbeschreibung

S V D

- [29] Flügel, Gründung, zahlreich, Längsrisse, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Rechte Flügelwand, durch 2 1 2  
Baumbewuchs tiefe Längsrisse im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Absturzgefahr  
durch loses Mauerwerk Pos. 29, EP



POS 29

- [34] Flügel, Gründung, zahlreich, Längsrisse, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Rechte Flügelwand, durch 2 0 2  
Baumbewuchs tiefe Längsrisse im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Absturzgefahr  
durch loses Mauerwerk Pos. 31, EP



POS 31



## Schadensbeschreibung

S V D

- [28] Flügel, Gründung, zahlreich, Querrisse, Schadensweiterung, Unterhaltungsmangel, Linke Flügelwand, durch Baumbewuchs tiefe Querrisse im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Absturzgefahr durch loses Mauerwerk Pos. 28, EP 2 1 2



POS 28

- [33] Flügel, Gründung, zahlreich, Querrisse, Schadensweiterung, Unterhaltungsmangel, Linke Flügelwand, durch Baumbewuchs Risse im Ziegelmauerwerk, schadhafte Fugen im Natursteinmauerwerk, Schmutzablagerungen Pos. 33, EP 2 0 2



POS 33





## Schadensbeschreibung

S V D

### Lager - Linienkipplager

- [24] Widerlager, Linienkipplager aus Stahlguss, Baustahl, geschweißter Konstr. oder kombiniert, flächendeckend, verrostet mit Narbenbildung, Anzahl: 1 Stück, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Festlager Pos. 23, EP 0 0 2



POS 23

- [25] Widerlager, Linienkipplager aus Stahlguss, Baustahl, geschweißter Konstr. oder kombiniert, flächendeckend, verrostet mit Narbenbildung, Anzahl: 1 Stück, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Sockel Sanierung schadhaft, Pos. 24, EP 0 0 2



POS 24



## Schadensbeschreibung

S V D

### Lager - Sonstige Gleitl. mit Kippvorrichtung (ohne Verformungslager) einachsig b

- [1] Widerlager, Sonstige Gleitl. mit Kippvorrichtung (ohne Verformungslager) einachsig bewegl., flächendeckend, 2 0 3  
schadhaft, Anzahl: 1 Stück, Instandsetzung schadhaft, Unterhaltungsmangel, Beton Unterstopfung gerissen und  
abgesprengt, Flächiger Rost, Abplatzungen, Spaltkorrosion Pos. 25, EP



POS 25

- [26] Widerlager, Sonstige Gleitl. mit Kippvorrichtung (ohne Verformungslager) einachsig bewegl., flächendeckend, 0 0 2  
verwittert, Anzahl: 1 Stück, Schadenserweiterung, Unterhaltungsmangel, Flächiger Rost, Abplatzungen, Pos.  
26, EP



POS 26





## Schadensbeschreibung

S V D

### Fahrbahnübergang - ohne Abschlussprofil

[36] Überbau, ohne Abschlussprofil, gesamtes Bauteil, Prüfung nicht möglich, alter Schaden nicht behoben, Mängelanspruch, EP

0 3 2



KAMMERWAND HAINICHEN2

### Schutzeinrichtungen

[35] Geländer als Absturzsicherung, gesamtes Bauteil, Prüfung nicht möglich, alter Schaden nicht behoben, Die Stadt 0 4 0 / Gemeinde ist zu informieren., EP



BLICK NACH ROßWEIN





## Bewertung

### Standssicherheit (max S = 3)

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Standssicherheit des Bauteils und des Bauwerks.  
Eine Nutzungseinschränkung ist gegebenenfalls umgehend vorzunehmen.  
Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich.

### Verkehrssicherheit (max V = 4)

Durch den Mangel/Schaden ist die Verkehrssicherheit nicht mehr gegeben.  
Sofortige Maßnahmen sind während der Bauwerksprüfung erforderlich.  
Eine Nutzungseinschränkung ist umgehend vorzunehmen.  
Die Instandsetzung oder Erneuerung ist einzuleiten.

### Dauerhaftigkeit (max D = 3)

Der Mangel/Schaden beeinträchtigt die Dauerhaftigkeit des Bauteils und führt mittelfristig zur Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit des Bauwerks. Eine Schadensausbreitung oder Folgeschädigung anderer Bauteile ist zu erwarten.  
Schadensbeseitigung kurzfristig erforderlich.

## Empfehlungen

Art der Leistung	Verkehrssicherung (lfd m Baustellenlänge ME -H-)	
Menge	30	Geschätzte Kosten 500 EURO
Dringlichkeit	umgehend	
Projektbezeichnung	Absturzsicherung	
Bemerkung	Das Bauwerk ist umgehend mit geeigneten Mitteln abzusperren, da Lebensgefahr durch abstürzen besteht. Der Baumbewuchs auf den Auflagerbänken muss entfernt werden, um weitere Absprengungen zu vermeiden. Bruchsteinmauerwerk ist vor herunterfallen zu sichern.	

Art der Leistung	Unterbau Risseinstandsetzung (lfd m Riss -D-)	
Menge	--	Geschätzte Kosten 10000 EURO
Dringlichkeit	kurzfristig	
Projektbezeichnung	Sanierung der Auflagerbänke	
Bemerkung	Instandsetzung der Auflagerbank Richtung Hainichen, Sanierung des Mauerwerks der Flügelwände	

Art der Leistung	Lager Instandsetzung und Korrektur von Führungseinrichtungen (Stück -C-)	
Menge	4	Geschätzte Kosten 1600 EURO
Dringlichkeit	mittelfristig	
Projektbezeichnung	Lagerinstandsetzung	
Bemerkung	Alle Lager reinigen und neuen Korrosionsschutz aufbringen, Lager Pos. 25 neu ausrichten und Fundament erneuern,	



## Empfehlungen

(Fortsetzung)

Art der Leistung	Unterbau Risseinstandsetzung (lfd m Riss -D-)	
Menge	--	Geschätzte Kosten 20000 EURO
Dringlichkeit	mittelfristig	
Projektbezeichnung	Widerlager Sanierung	
Bemerkung	Komplettsanierung der Widerlager mit Ersatz der fehlenden Natursteine und verfugen, Sämtliche Risse in Flügelwänden und Kammerwänden beseitigen, Entwässerungseinrichtungen anbringen und erneuern,	
<hr/>		
Art der Leistung	Überbau Korrosionsschutz Vollerneuerung (m² Instandsetzungsfläche -F-)	
Menge	110	Geschätzte Kosten 15000 EURO
Dringlichkeit	mittelfristig	
Projektbezeichnung	Korrosionsschutz	
Bemerkung	Vollerneuerung des Farbanstriches mit vorheriger Strahlvorbereitung für Oberflächenreinheitsgrad Sa 2 1/2, Korrosionsschutzsystem mit 1er Grund-, 2 zwischen und 1er Deckbeschichtung zu je 80 um. Grund und Zwischenschicht auf Epoxid-Zink Basis, Deckschicht PUR-Acryl,	
<hr/>		
Art der Leistung	Überbauerneuerung im Rahmen einer Erweiterungsmaßnahme (m² Bauwerksfläche -O-)	
Menge	42	Geschätzte Kosten 21000 EURO
Dringlichkeit	langfristig	
Projektbezeichnung	Umnutzung zur Geh- und Radwegbrücke	
Bemerkung	Fertigung einer Stahlbetonplatte mit Entwässerungseinrichtunge, Oberflächenbeschichtung, Farbahnübergängen, Geländer nach Gel 4, Absperrvorrichtung gegen unbefugtes befahren,	

## Zustandsnote: 4,0

### Prüfungstext

Die Prüfung fand im Zeitraum vom 7.10. bis 09.10.2009 statt. Für die Begutachtung des Überbaus und der Lager stand ein Hubsteiger zu Verfügung, für die restlichen Bauteile war keine gesonderte Zugangstechnik nötig.

Neben der optischen Prüfung wurden die Verbindungsmittel und auffälligen Mauerwerksteile auf Fehlstellen abgeklopft.

Die Prüfrichtung wurde von Richtung Roßwein nach Hainichen festgelegt. Dies entspricht ungefähr der Richtung von Nord/Ost nach Süd/West.

Die Ergebnisse der Prüfung wurden mit dem Brückenmanagementprogramm SIB-Bauwerke ausgewertet. Die Durchführung fand demzufolge nach der gültigen RI-EBW-PRÜF (11/2007) und den Definitionen der ASB-ING statt. Die RI-EBW-PRÜF steht dabei als Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (11/1999).

Die wichtigsten Sachverhalte sind mit Bildern dokumentiert. Die Aufnahmen sind dem jeweiligen Schaden beigelegt. Eine Übersichtszeichnung, zum genauen auffinden der Bauwerksteile ist im Bericht beigelegt.



**Sachsen / Dresden**  
**NL Chemnitz**  
**Fachhochschule Mittweida**

Prüfbericht 2010 H  
Teil-BW **6620161 Ü1 (95572826)**  
Straße  
AM/SM **SM Hainichen**

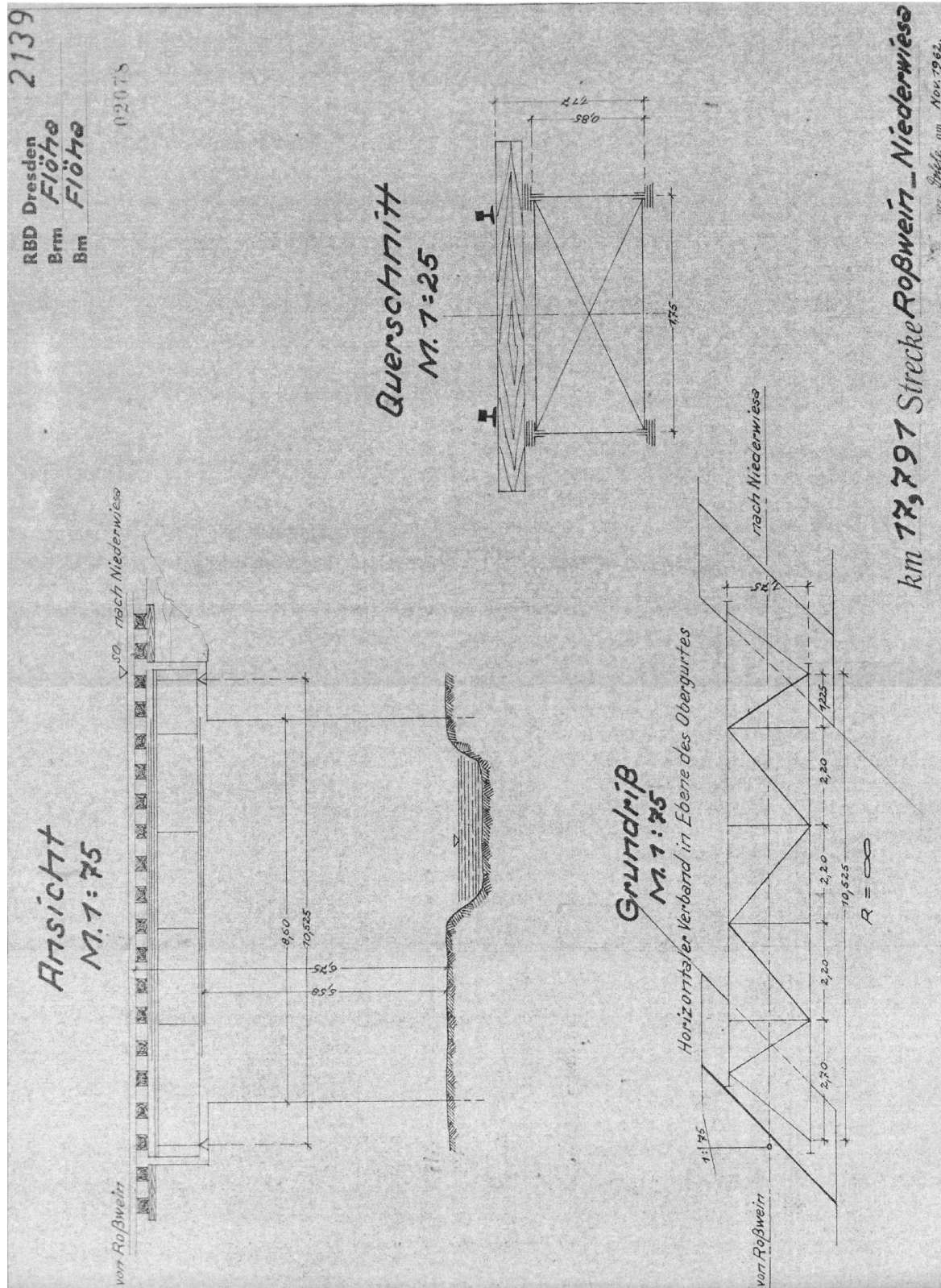
---

---

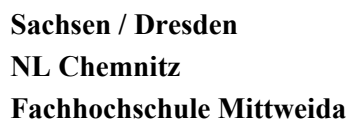
Unterschrift Prüfer

## Bilder / Skizzen

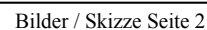
ZECH







## ZEICHNUNG1







## Beiblatt zur Prüfung H 2010

### Details der Bewertung

Bauteilgruppe/Werte	Bauteilgruppennote	Substanzkennzahl (1)	Bauteilgruppe erfasst (2)
Überbau	4,0	3,4	JA
Unterbau	1,9	1,9	JA
Bauwerk	--	--	NEIN
Vorspannung	--	--	NEIN
Gründung	3,6	3,4	JA
Erd- und Felsanker	--	--	NEIN
Brückenseile	--	--	NEIN
Lager	2,9	2,9	JA
Fahrbahnübergang	2,7	1,8	JA
Abdichtung	--	--	NEIN
Beläge	--	--	NEIN
Kappen	--	--	NEIN
Schutteinrichtung	4,0	1,0	JA
Sonstiges	1,0	1,0	JA
Teilbauwerk	4,0	3,5	7

(1) Substanzkennzahl = Bauteilgruppennote ohne Berücksichtigung der Verkehrssicherheit

(2) Nicht erfasste aber geschädigte Bauteilgruppen sind mit JA \* gekennzeichnet

### Schäden ohne passendes Schadensbeispiel (99er Schaden) für Schäden mit $S > 1$ oder $V > 1$ oder $D > 1$

8 von 43 Schäden ohne passendes Schadensbeispiel ( 19 %)

Schadens - ID	Bauteilgruppe	Bewertung	Beispiel - ID
{1}	Lager	S=2, V=0, D=3	212-99
{16}	Überbau	S=0, V=0, D=2	013-99
{17}	Überbau	S=0, V=0, D=2	013-99
{22}	Überbau	S=0, V=0, D=2	011-99
{23}	Überbau	S=0, V=0, D=2	011-99
{38}	Überbau	S=3, V=3, D=3	001-99
{39}	Überbau	S=0, V=4, D=0	001-99
{41}	Überbau	S=0, V=4, D=0	001-99

### Schäden mit Bewertung ohne Schadensbeispiel (1.6er Daten)

kein Eintrag

### Schäden, welche in ihrer Bewertung stark vom Bewertungsbeispiel abweichen ( $> \pm 1$ )

Schadens - ID	Bauteilgruppe	Bewertung	Beispiel - ID	Bewertung Beispiel
{19}	Überbau	S=1, V=0, D=3	011-04	S=0, V=0, D=1
{2}	Überbau	S=2, V=0, D=2	001-02	S=0, V=0, D=0
{36}	Fahrbahnübergang	S=0, V=3, D=2	226-06	S=0, V=3, D=0

### Schäden, die durch nachträgliche Änderungen nicht mehr zur Schadensbeispielgruppe passen

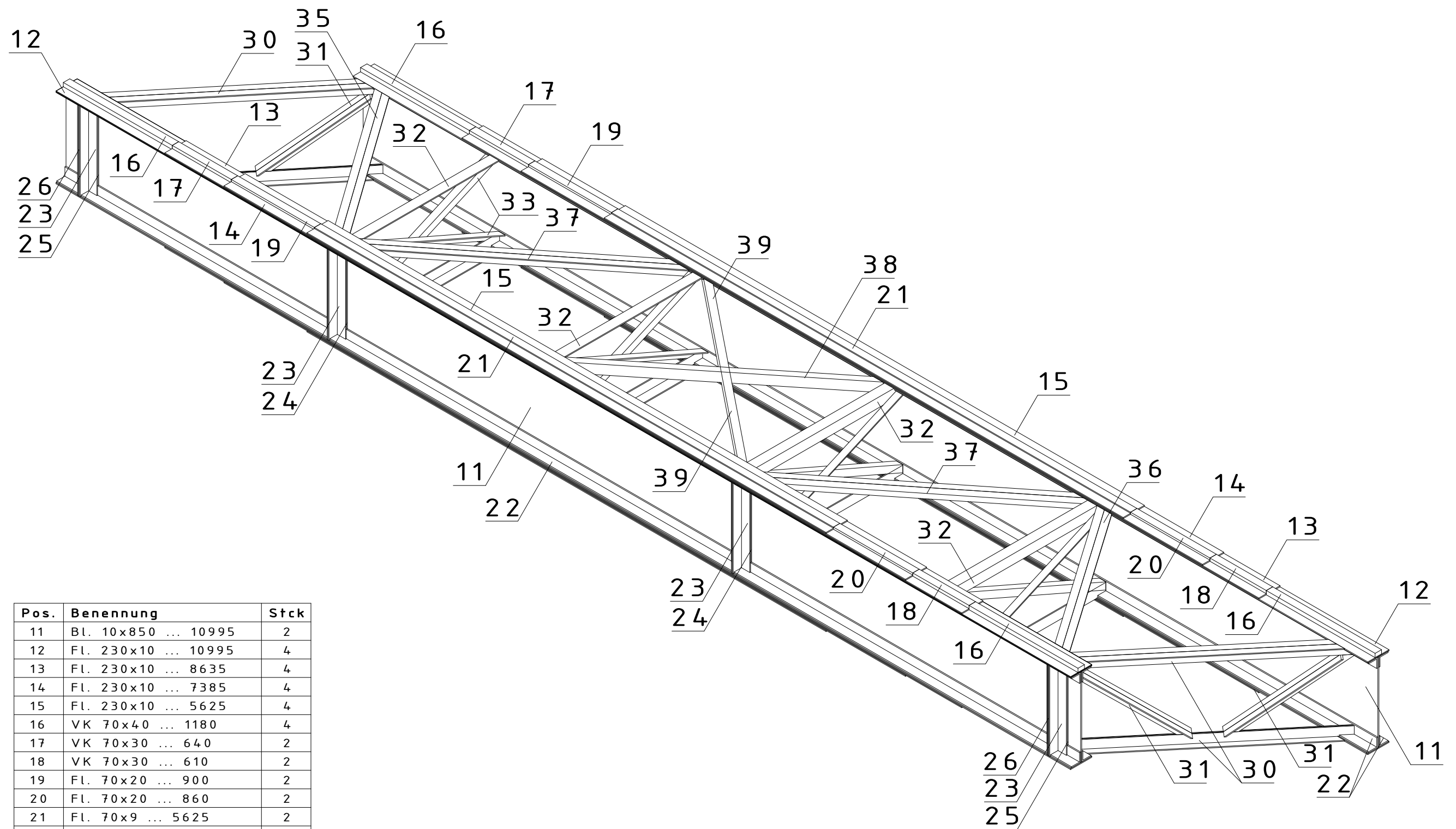


**Schäden, die durch nachträgliche Änderungen nicht mehr zur Schadensbeispielgruppe passen**  
kein Eintrag

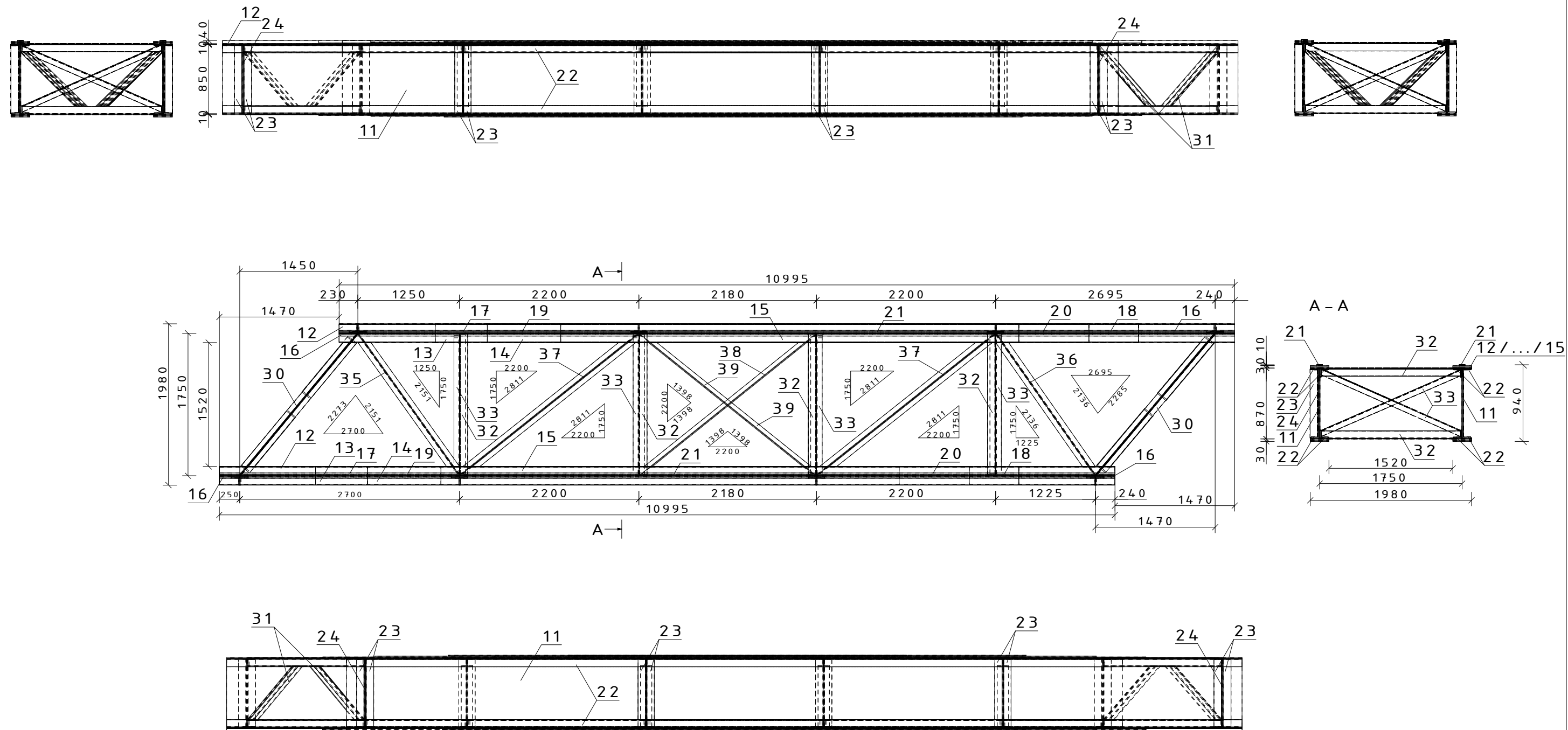
**Schäden, deren Eintrag im Feld Hauptbauteil sich von der Bauwerksart unterscheidet**  
kein Eintrag

## **Anlage C**

### **Zeichnungen**



Zul. Abw. f. Maße ohne Toleranzang. General tolerances		Fertigzustand finished condition		Maßstab Scale		ohne Maßstab		Menge Quantity		s. Stückliste		
DIN ISO 2768-1 (m)				Rohstoff/Raw material Rohteil-Nr./Raw piece No. St 37.11 Werkzeug-Nr./Tool No.								
2010	Datum Date	Name Name		Benennung/Designation								
Bearb. Drawn	08.06.	T. Sperling		Materialbezeichnung Eisenbahnbrücke								
Gepr. Checked												
Norm Approved												
Hochschule Mittweida				Sachnummer/Part-No.						Blatt Sheet		1
										von of		2
Dateiname Filename				Ursprung Source								

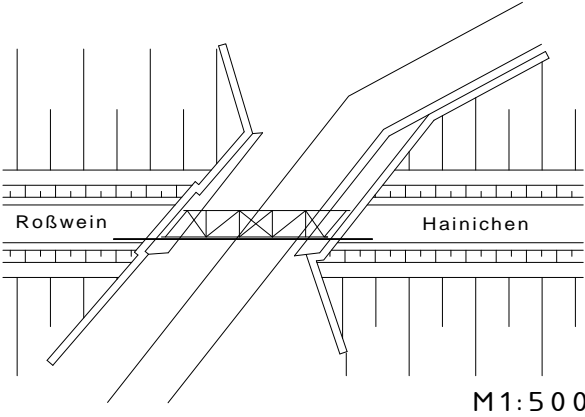
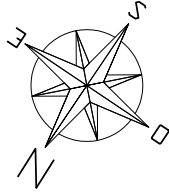


Pos.	Benennung	Stck
11	Bl. 10x850 ... 10995	2
12	Fl. 230x10 ... 10995	4
13	Fl. 230x10 ... 8635	4
14	Fl. 230x10 ... 7385	4
15	Fl. 230x10 ... 5625	4
16	VK 70x40 ... 1180	4
17	VK 70x30 ... 640	2
18	VK 70x30 ... 610	2
19	Fl. 70x20 ... 900	2
20	Fl. 70x20 ... 860	2
21	Fl. 70x9 ... 5625	2
22	L 100x12 ... 10995	8
23	L 100x10 ... 850	16
24	Fl. 200x12 ... 650	4
25	Fl. 210x12 ... 650	4
26	Fl. 100x12 ... 650	4

Pos.	Benennung	Stck
30	L 100x65x9 ... 2273	8
31	L 70x9 ... 1230	8
32	L 100x10 ... 1750	8
33	L 70x9 ... 1950	8
35	L 100x65x9 ... 2151	2
36	L 100x65x9 ... 2136	2
37	L 100x65x9 ... 2811	4
38	L 100x65x9 ... 2798	1
39	L 100x65x9 ... 1398	2

Zul. Abw. f. Maße ohne Toleranzang. General tolerances		Fertigzustand finished condition	Maßstab Scale	M1:50	Menge Quantity	s. Stückliste
DIN ISO 2768-1 (m)			Rohstoff/Raw material Rohteil-Nr./Raw piece No. St 37.11 Werkzeug-Nr./Tool No.			
2010	Datum Date	Name Name	Benennung/Designation			
Bearb. Drawn	08.06.	T. Sperling	Übersichtszeichnung Fußgängerbrücke			
Gepr. Checked						
Norm Approved						
Hochschule Mittweida			Sachnummer/Part-No.		Blatt Sheet 2	
					von of 2	
Dateiname Filename			Ursprung Source			

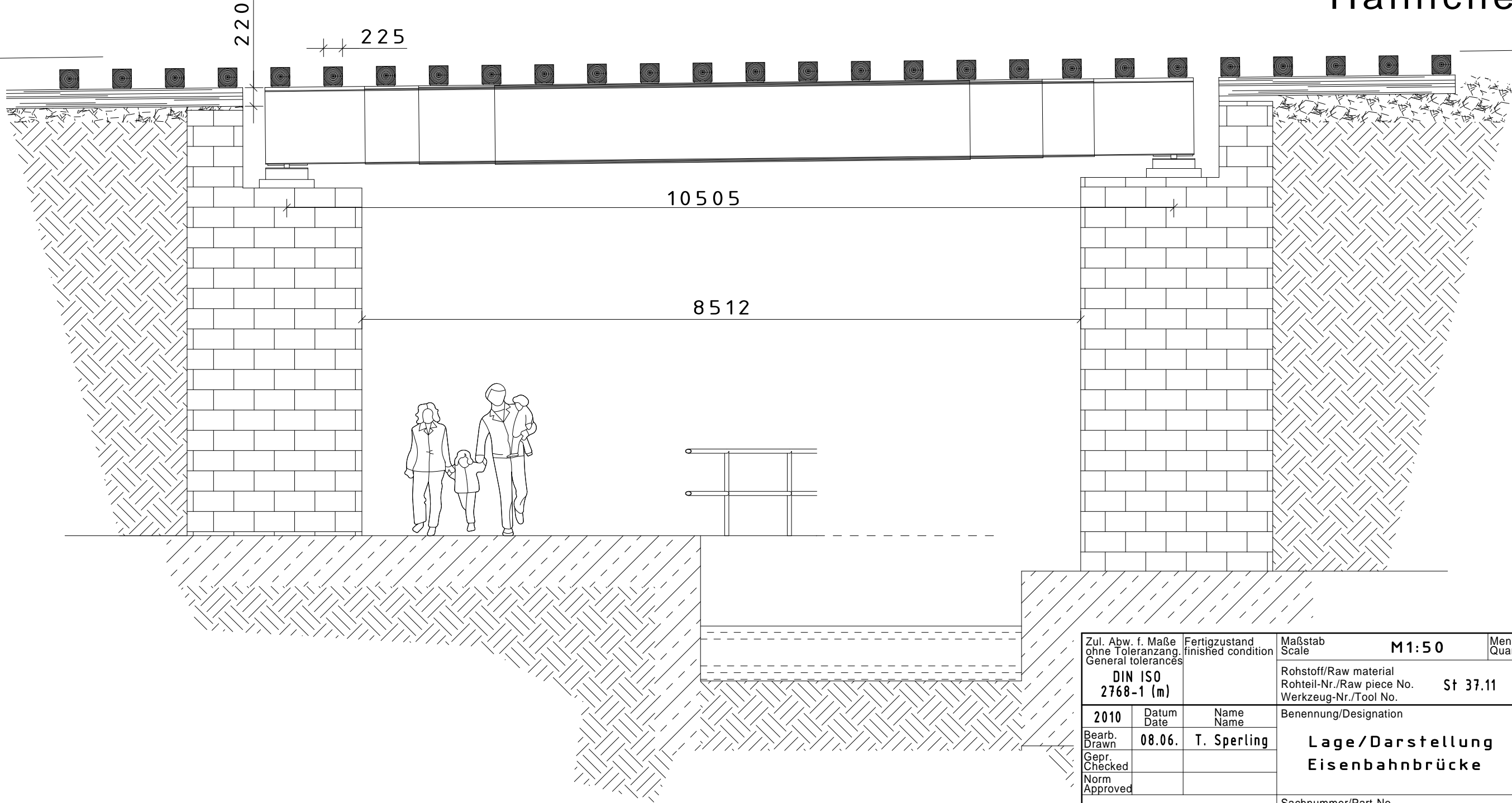




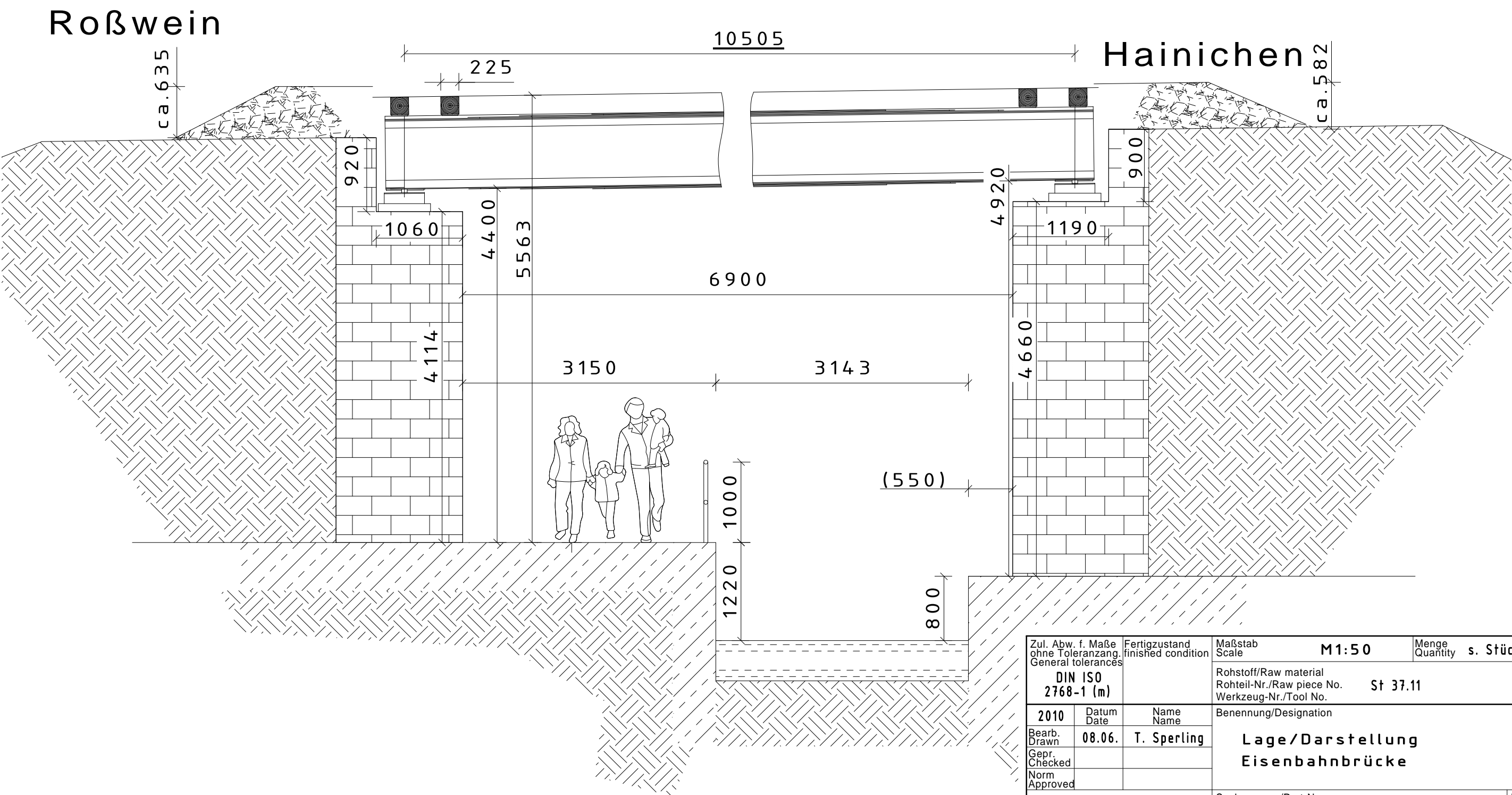
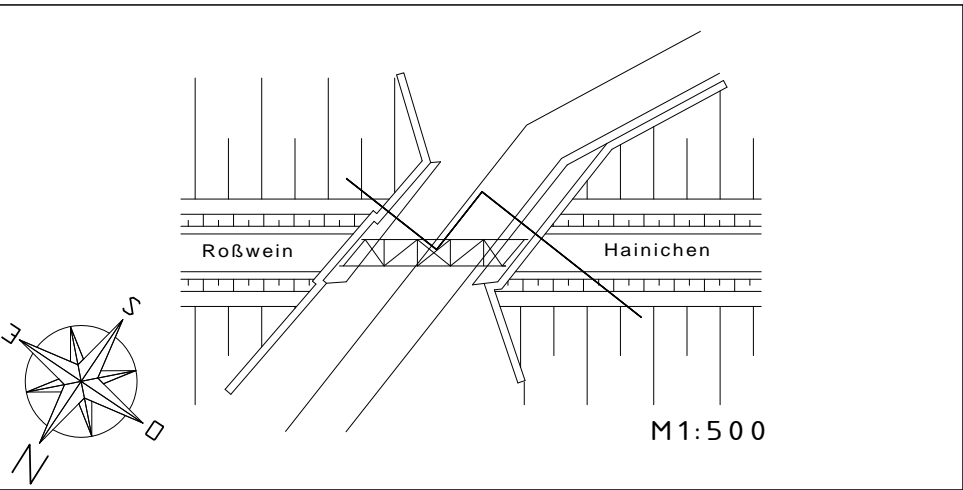
M1:500

Roßwein

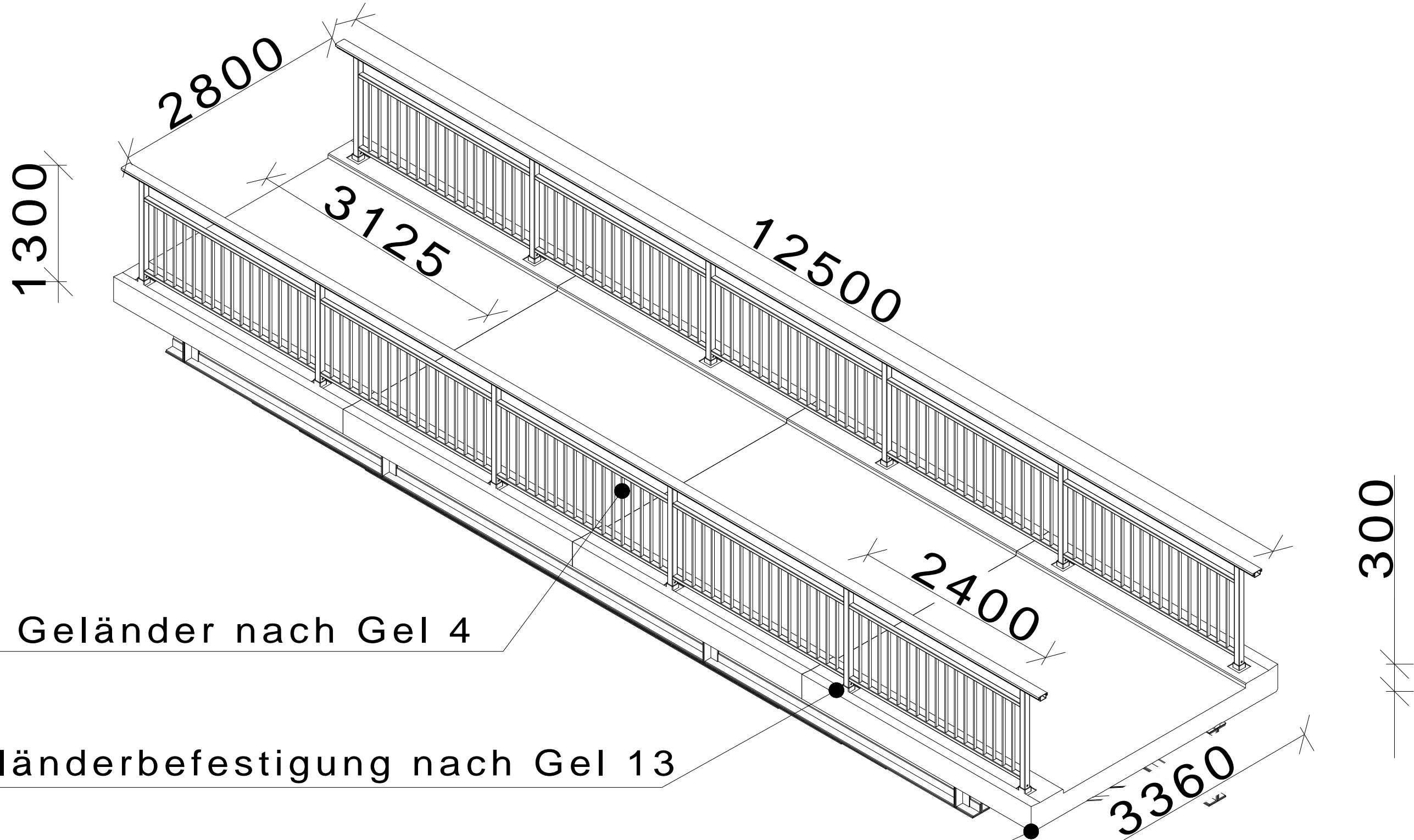
Hainichen



Zul. Abw. f. Maße ohne Toleranzang. General tolerances		Fertigzustand finished condition		Maßstab Scale		M1:50	Menge Quantity		s. Stückliste	
DIN ISO 2768-1 (m)				Rohstoff/Raw material Rohteil-Nr./Raw piece No.						



Zul. Abw. f. Maße ohne Toleranzang. General tolerances		Fertigzustand finished condition		Maßstab Scale		M1:50	Menge Quantity		s. Stückliste		
DIN ISO 2768-1 (m)				Rohstoff/Raw material Rohteil-Nr./Raw piece No. Werkzeug-Nr./Tool No.		St 37.11					
2010	Datum Date	Name Name		Benennung/Designation							
Bearb. Drawn	08.06.	T. Sperling		Lage/Darstellung Eisenbahnbrücke							
Gepr. Checked											
Norm Approved											
Hochschule Mittweida				Sachnummer/Part-No.					Blatt Sheet		2
									von of		2
Dateiname Filename				Ursprung Source							



Geländer nach Gel 4

Geländerbefestigung nach Gel 13

Stahlbetonplatte mit OSF 11 Beschichtung

Zul. Abw. f. Maße ohne Toleranzang. General tolerances		Fertigzustand finished condition		Maßstab Scale	ohne Maßstab	Menge Quantity	s. Stückliste
DIN ISO 2768-1 (m)				Rohstoff/Raw material Rohteil-Nr./Raw piece No. Werkzeug-Nr./Tool No.			
				s. Stückliste			
2010	Datum Date	Name Name		Benennung/Designation			
Bearb. Drawn	08.06.	T. Sperling		Übersichtszeichnung Fußgängerbrücke			
Gepr. Checked							
Norm Approved							
Hochschule Mittweida				Sachnummer/Part-No.		Blatt Sheet	1
Dateiname Filename				Ursprung Source		von of	1

**Anlage D**

**Berechnungen**

## Überblick über die alten Lastannahmen

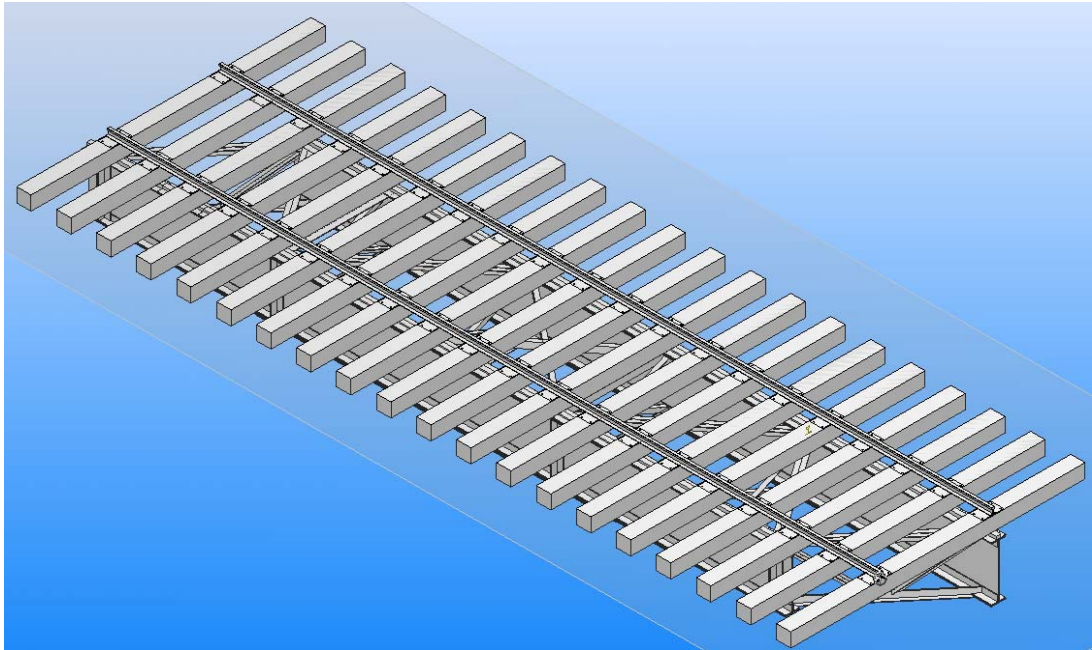


Abbildung 1 Darstellung des Ursprungzustandes

Wie aus dem alten Brückenbuch zu entnehmen ist, wurde der Belastungszug E angesetzt. Dieser Lastzug wurde aus der Bahnnorm DV 804 Ausgabe 1935 entnommen und bezieht sich auf die erste Auflage von 1925. Die angegebenen Achslasten gelten jeweils für ein Gleis (1 Gleis besteht aus zwei Schienen).

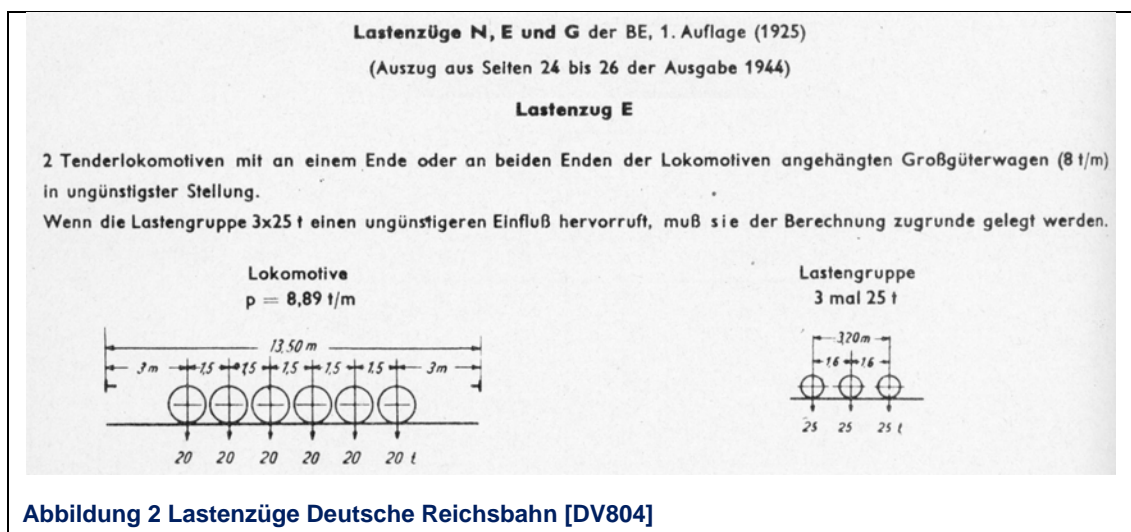


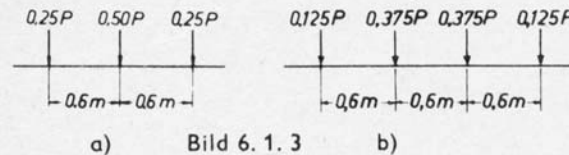
Abbildung 2 Lastenzüge Deutsche Reichsbahn [DV804]



### 3. Längsverteilung der Achslasten:

Die Längsverteilung der Achslasten auf mehrere Schienenstützungen darf ausgenutzt werden. Statt eines genaueren Nachweises hierfür darf unter Beibehaltung des gegebenen Lastbildes, aber ohne Rücksicht auf die tatsächlichen Abstände der Schienenstützungen, je Achse mit einer Längsverteilung nach Bild 6.1.3a gerechnet werden, wobei als Abstand der Schienenstützungen 0,6 m angenommen werden darf.

### Längsverteilung der Achslasten



a) Bild 6.1.3 b)

Abbildung 3 Möglichkeiten des anzusetzenden Lastbildes

Aus diesen Angaben ergibt sich folgendes Lastbild für einen Hauptträger, der aus dem Lastzug mit 6 x 20t abgeleitet ist (Kräfte in kN).

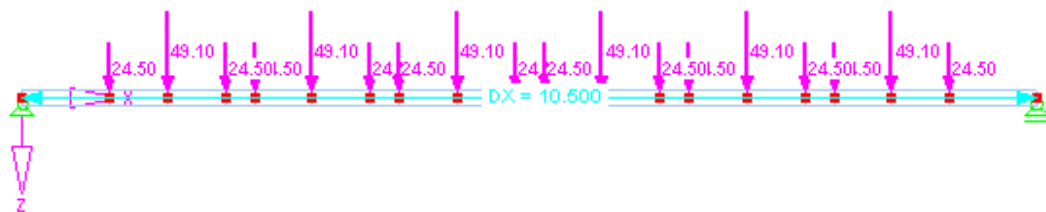


Abbildung 4 Lastzusammenstellung aus Verkehrslastzug

Übersicht 5. 4					
1. Raumgewichte			2. Gewichte des Oberbaues		
1	2	3	1	2	3
Zeile	Baustoff	t/m <sup>3</sup>	Zeile	Bauteil	t/m Gleis
1	Stahl St 37, St 48, St 52 <sup>1)</sup>	7,85	1	Schienen und Kleinseilzeug (ohne Schwellen und Bettung)	
2	Stahlguß und geschmiedeter Stahl	7,85		a) bei S-Brücken	0,150
3	Grauguß (Gußeisen)	7,25		b) bei L-Brücken	0,120
4	Blei	11,40	2	Leitschienen mit Stühlen	0,150
5	Mauerwerk aus Mauerziegeln	1,8	3	Stählerne oder hölzerne Regelschwellen	0,130
6	Klinkern	1,9	4	Stahlbetonschwellen	0,300
7	Kalkstein	2,8	5	Zuschlag zum Gewicht des vollen Bettungskörpers für Schwellen jeder Art	0,100
8	Sandstein	2,6			
9	Granit	2,8			
10	Schotter	2,0			
11	Beton: Stahlbeton	2,2			
12	Stahlbeton	2,4			
13	Rüttelbeton unbewehrt	2,4 <sup>2)</sup>			
14	bewehrt	2,5 <sup>2)</sup>			
15	Bimsbeton ohne Sandzusatz	1,1			
16	mit Sandzusatz	1,6			
17	Laubholz im Freilen	0,85			
18	Nadelholz im Freilen	0,65			
19	Stampf- und Gußasphalt	2,2			
20	Sonstige Baustoffe	nach DIN 1055 Blatt1			

<sup>1)</sup> einschl St 50 m e S (mit erhöhter Streckgrenze)

<sup>2)</sup> Diese Werte gelten für Vorentwürfe. Für Ausführungsentwürfe empfiehlt sich die genauere Feststellung gelegentlich der Eignungsvorversuche mit den vorgesehenen Zuschlagstoffen und Verdichtungsverfahren.

Abbildung 5 Übersicht zur Gewichtermittlung nach [DV804]

Für Schienen und Schwellen kommen noch einmal 1,37 kN/m pro Träger hinzu.

13. Belastung von Gehstegen, Bahnsteigbrücken, Güterstegen, Besichtigungsstegen und -wagen und von Signalbrücken	
13. 1. Auf Gehstegen an Eisenbahnbrücken ist als Nutzlast für die Berechnung der Gehstegtragteile 500 kg/m <sup>2</sup> anzunehmen. Für die Berechnung der Hauptträger sind als Nutzlast 300 kg/m <sup>2</sup> auf die Breite der begehbaren Fläche außerhalb des Regellichttraumes (Begrenzung im Abstand von 2,0 m von der Achse des benachbarten Gleises) anzusetzen.	Gehstege

Abbildung 6 Belastungsansatz für Einwirkung auf Gehstegen [DV804]

Da sich im Ursprungszustand rechts und links ein 1,0 breiter Gehweg befunden hat, müssen auf den Träger auch noch 3,01 kN/m angesetzt werden.

14. Windlast	
14. 1. Die Windlast ist waagrecht wirkend anzunehmen. Im allgemeinen braucht nur Wind rechtwinklig zur Brückenachse berücksichtigt zu werden.	Windlast waagrecht
14. 2. Bei unbelasteter Eisenbahnbrücke ist mit einer Windlast von 250 kg/m <sup>2</sup> , bei belasteter von 125 kg/m <sup>2</sup> zu rechnen. Wenn in Fällen nach 36. 3, z B für Aufstellungszwecke, ein Windverband angeordnet werden muß, so ist er für die halbe Windlast zu berechnen.	Größe der Windlast

Abbildung 7 Hinweise zum Ansatz von Windlasten [DV804]

Die Windlasten vom heutigen Ansatz decken sich mit denen vom Ursprungszustand, so dass von denselben Lagerkräften auszugehen ist.

16. Schneelast	
Ohne Schneelast	16. 1. Schneelast ist bei festen Brücken und bei geschlossenen beweglichen Brücken i a nicht anzunehmen.
Mit Schneelast	16. 2. Bei geöffneten beweglichen Brücken — mit Ausnahme von Klappbrücken — ist ungünstigste Teilbelastung der vollen Brückengrundrißfläche durch Schnee von 25 kg/m <sup>2</sup> anzusetzen.
	16. 3. Über Schneelast bei Signalbrücken u Signalauslegern vgl 13. 6.

Abbildung 8 Schneelast Besonderheiten aus der [DV804]

Schneelasten brauchen aufgrund der offenen Fahrbahn nicht angesetzt zu werden, siehe Abbildung 8.

**7. Schwingwirkungen**

**Schwingbeiwerte  $\varphi$**

**7. 1.** Die beim Befahren der Brücken auftretenden Schwingwirkungen werden durch „Schwingbeiwerte  $\varphi$ “ erfaßt. Ihre Größe richtet sich nach den für die einzelnen Brückenteile maßgebenden Längen  $l_\varphi$  und nach der Fahrgeschwindigkeit (Übersicht 7. 1).

**Abbildung 9 Hinweise zur Berücksichtigung der Schwingwirkung [DV804]**

**Übersicht 7. 1\*)**  
a) Maßgebende Längen  $l_\varphi$

Hauptträger														
Eingleisige Überbauten														
8	Balken, Bogen, Stabbogen — auf 2 Stützen —	Stützweite der Hauptträger												
9	Balken, Bogen, Stabbogen — durchlaufend über n Öffnungen mit $l_m = \frac{1}{n}(l_1 + l_2 + \dots + l_n)$ —	<table border="1" style="display: inline-table; text-align: center;"> <tr> <td>n =</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5 u. mehr</td> <td>Öffnungen</td> </tr> <tr> <td><math>l_\varphi =</math></td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,5</td> <td><math>l_m</math> mindestens = max l</td> </tr> </table>	n =	2	3	4	5 u. mehr	Öffnungen	$l_\varphi =$	1,2	1,3	1,4	1,5	$l_m$ mindestens = max l
n =	2	3	4	5 u. mehr	Öffnungen									
$l_\varphi =$	1,2	1,3	1,4	1,5	$l_m$ mindestens = max l									
10	Gelenkträger: Kragträger samt Kragarmen	Stützweite des Kragträgers												
11	Gelenkträger: Schwebeträger	Stützweite des Schwebeträgers												
12	Bei unmittelbarer Schwellenlagerung auf Hauptträgern (vgl. 29. 3 und 31. 1)	$l_\varphi$ der Hauptträger												

**Abbildung 10 Tabelle zum Ermitteln der maßgebenden Länge [DV804]**

Um den Beiwert für die endgültige Belastungsrechnung zu bekommen, wird nun nach Abbildung 10 die bezogene Länge bestimmt. Der Wert richtet sich dabei nach dem statischen System und ist in diesem Beispiel gleich der Stützweite 10,5 m.

**Stütz- und Spanngrößen mit und ohne  $\varphi$**

**Bauteile und anderes ohne  $\varphi$**

**7. 2.** Mit diesen Schwingbeiwerten  $\varphi$  sind nur solche Spanngrößen (Biegemomente, Querkräfte, Stabkräfte usw.) und Stützgrößen zu vervielfachen, die aus der ruhend anzunehmenden lot-rechten Belastung durch Lastenzüge herrühren, nicht aber jene aus allen übrigen Belastungen (ständige Last, Fliehkraft, Zusatz- und Sonderlasten). (B4)

**7. 3.** Ohne Schwingwirkung sind zu berechnen:

1. Widerlager, massive Pfeiler, Grundbauten;
2. Bodenpressungen;
3. Standsicherheit (vergl. 26);
4. Formänderungen (Durchbiegungen, Verschiebungen, Verdrehungen usw.).

**Abbildung 11 Einsatzbereich des Wertes [DV804]**

Zu beachten ist, dass nur die Werte für den statischen Lastzug mit dem Beiwert vervielfacht werden müssen. Weiterhin ist interessant, dass die Verformung weiterhin entgegen der heutigen DIN Fb 101 ohne den Wert berechnet werden!

b) Schwingbeiwerte $\varphi$ für Geschwindigkeiten $V \geq 50$ km/h																			
abhängig von $l_\varphi$ ; bei zwischenliegenden Werten ist der eingetragene nächstniedrigere Wert von $l_\varphi$ maßgebend.																			
1	$l_\varphi$ in m	$\leq 0,5$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
2	$\varphi$	1,60	1,57	1,54	1,52	1,50	1,48	1,47	1,46	1,45	1,44	1,43	1,41	1,40	1,39	1,38	1,37	1,36	1,35
3	$l_\varphi$ in m	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	$\geq 150$	
4	$\varphi$	1,35	1,34	1,34	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,21	1,20	
5	Liegen die Schienen unmittelbar oder mit Unterlagsplatten auf den Haupt-, Quer- oder Längsträgern, so ist der Schwingbeiwert des Trägers, auf dem die Schiene unmittelbar aufgelagert ist, um 0,10 zu erhöhen.**)																		
6	Für Stahlträger in Beton und Holzschwellen gilt $\varphi = 1,3$																		
7	Für alle Bauteile geschlossener Fahrbahnen nach 33.3. mit Schotterbett gilt $\varphi = 1,30$ . Sind solche Fahrbahnteile gleichzeitig Tragglieder von Hauptträgern, so ist für diesen Anteil die Zeile 15 der Übersicht 7.1 a anzuwenden. (B4)																		

**c) Schwingbeiwerte  $\varphi_{La}$  für Geschwindigkeiten  $V < 50$  km/h**

Bei vorgeschriebener Langsamfahrt mit  $V \leq 10$  km/h ist in allen Fällen  $\varphi_{La} = 1,10$ .  
 Für Träger mit  $l \geq 10$  m dürfen bei Geschwindigkeiten  $10 \text{ km/h} < V < 50 \text{ km/h}$  die Schwingbeiwerte zwischen  $\varphi_{La} = 1,10$  und  $\varphi$  nach Übersicht 7.1 b) geradlinig eingeschaltet werden zu

$$\varphi_{La} = 1,10 + (\varphi - 1,10) \cdot \frac{V - 10}{40}$$

\*) Für Drehscheiben, Schiebebühnen, Gleiswagen, Tiefladewagen usw. gelten Sonderbestimmungen.  
 \*\*) Lagerung auf Unterlagsplatten aus Gummi gilt b.w. als mittelbare Lagerung.

**Abbildung 12 Tabelle mit dem Schwingbeiwert**

Abbildung 12 Tabelle mit dem Schwingbeiwert

Da die Stützweite 10,5 m beträgt, ergibt sich nach Abbildung 12 Zeile 2 ein Wert von 1,42.

Für einen sicheren aber sehr konservativen Ansatz wird dieser Wert auch für die Zusatzlasten eingesetzt.



## Untersuchung nach altem Sicherheitskonzept und DV 804

(globales)

### Gebrauchstauglichkeit

Nachweis Verformung

$$f_{zul} = \frac{L}{600} = \text{für eingleisige Brücken}$$

$$f_{zul} = \frac{L}{600} = \frac{10500 \text{ mm}}{600} = 17,5 \text{ mm}$$

$$f_{vorh} = 11,15 \text{ mm}$$

$$\frac{f_{vorh}}{f_{zul}} = \frac{11,15 \text{ mm}}{17,5 \text{ mm}} = 0,64 \leq 1$$

Nachweis erfüllt

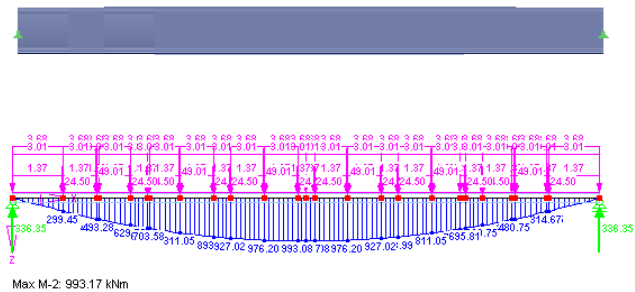


Abbildung 13 Momentenverlauf Ursprung alt

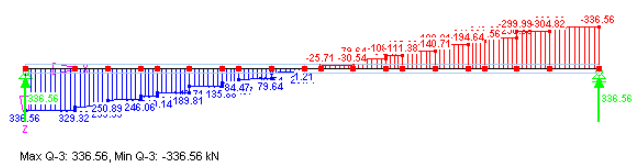


Abbildung 14 Querkraftverlauf Ursprung alt

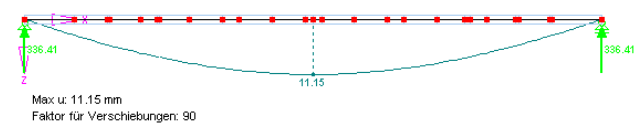


Abbildung 15 Verformung Ursprung alt

### Nachweis der Tragfähigkeit

$$\sigma_b = \frac{M_{b,d}}{I_y} \cdot z$$

$$\sigma_b = \frac{141148 \text{ kNcm}}{569221 \text{ cm}^4} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = 11,53 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} = \frac{11,53 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{16 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,72 \leq 1$$

Nachweis der Tragfähigkeit erfüllt

$$M_b = 994 \text{ kNm} = 99400 \text{ kNcm}$$

$$M_{b,d} = \varphi \cdot M_b = 1,42 \cdot 99400 \text{ kNcm}$$

$$M_{b,d} = 141148 \text{ kNcm}$$

$$I_y = 569221 \text{ cm}^4$$

$$z = 46,5 \text{ cm}$$

$$\varphi = 1,42$$

$$\sigma_{R,d} = \text{für Lastfall HZ} = 16,0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

(für Druckseite maßgebend, Abbildung 16)



### Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

$\tau_{d,vorh} = \frac{V_{z,d}}{A_{Steg}}$ $\tau_{d,vorh} = \frac{479 \text{ kN}}{100 \text{ cm}^2} = 4,79 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ <p>Nachweis</p> $\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} \leq 1$ $\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} = \frac{4,79 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{10,4 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,46 \leq 1$ <p>Nachweis der Querkrafttragfähigkeit erfüllt.</p>	$V_z = 337 \text{ kN}$ $V_{z,d} = \varphi \cdot V_z = 1,42 \cdot 337 \text{ kN}$ $V_{z,d} = 479 \text{ kN}$ $A_{Steg} = 100 \text{ cm}^2$ $\varphi = 1,42$ $\tau_{R,d} = \text{für Lastfall HZ} = 10,4 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ (siehe Abbildung 16)
--	---

Übersicht 40. 1 a						
Zulässige Normal- und Schubspannungen in kg/cm <sup>2</sup> für Bauteile beim Allgemeinen Spannungsnachweis und beim Stabilitätsnachweis						
1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Bauteile	Spannungsart	Baustahl St 37 mit Fließgrenze nach Übersicht 21. 2 $\sigma_F = 2400 \text{ kg/cm}^2$			
			Baustahl St 52 $\sigma_F = 3600 \text{ kg/cm}^2$			
			Lastfall			
			H	HZ	H	HZ
1	Bauteile allgemein '1), '2), ausgenommen:	Zug zul $\sigma_z$	1600	1800	2400	2700
2	a) Verbandsglieder nach Zeile 4 und	Druck zul $\sigma_d$	1400	1600	2100	2400
3	b) Lager und Gelenke (s Übersicht 40. 1 f)	Schub zul $\tau$	920	1040	1390	1560
4	Verbandsglieder, wenn sie nur für Eigenlast, Zusatzlasten und ggf. Fliehkraft berechnet zu werden brauchen (andernfalls gelten gemäß 40. 3 die zulässigen Spannungen nach Zeilen 1 bis 3).	Zug zul $\sigma_z$ Druck zul $\sigma_d$	1000	1000	1500	1500

Abbildung 16 Übersicht über die zulässige Spannung nach [DV804]

Das bedeutet, dass die Brücke nach dem alten Sicherheitskonzept nur zu 72% ausgelastet war. Auch an den Nachweis auf Dauerfestigkeit sollte gedacht werden, dieser Rechnungsfall wurde hier nicht mit berücksichtigt.

## Untersuchung nach aktuellem Sicherheitskonzept

(mit Teilsicherheitsbeiwerten)

### Ermittlung des $\Phi_3$ Beiwertes.

<p>unterer Grenzwert nach DIN Fb 101:</p> <p>bei <math>4\text{ m} \leq L_\Phi \leq 20\text{ m}</math></p> $n_0 = \frac{80}{L_\Phi}$ $n_0 = \frac{80}{10,5\text{ m}}$ $n_0 = \underline{7,62\text{ Hz}}$ <p>unterer Grenzwert</p> $n_0 = 94,76 \cdot L_\Phi^{-0,748}$ $n_0 = 94,76 \cdot 10,5\text{ m}^{-0,748}$ $n_0 = \underline{16,32\text{ Hz}}$ <p>Für Gleise mit normaler Unterhaltung:</p> $\Phi_3 = 1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$ $\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73$ $\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{10,5\text{ m}} - 0,2} + 0,73 = \underline{1,44}$	<p><math>L_\Phi =</math> <i>maßgebende Länge in m (Stützweite 10,5 m)</i></p> <p><math>n_0 =</math> <i>Eigenfrequenz der unbelasteten Brücke in Hz</i></p> <p><math>\delta_0 =</math> <i>Durchbiegung in Feldmitte unter ständigen Einwirkungen in mm</i></p> <p>Innerhalb dieses Bereiches darf der dynamische Beiwert <math>\Phi</math> angewendet werden.</p> <p>Anders als in der alten Lastannahme wird jetzt auch die Verformung mit diesem Beiwert berechnet. Siehe dazu auch Punkt 6.4.3.1 im DIN Fb 101.</p>
--	---

### Gebrauchstauglichkeit

Nachweis Verformung

$$f_{zul} = \frac{L}{600} = \text{für eingleisige Brücken}$$

$$f_{zul} = \frac{L}{600} = \frac{10500 \text{ mm}}{600} = 17,5 \text{ mm}$$

$$f_{vorh} = 16,06 \text{ mm}$$

$$\frac{f_{vorh}}{f_{zul}} = \frac{16,06 \text{ mm}}{17,5 \text{ mm}} = 0,92 \leq 1$$

Nachweis erfüllt

Da bei beiden Rechnungen die Verformung ohne bzw. mit dem  $\gamma_F$  Faktor von 1 berechnet wird, hat diese denselben Wert ohne  $\varphi$  Beiwert (11,15 mm). Mit Beiwert ergeben sich die im Nachweis befindlichen 16,06 mm.

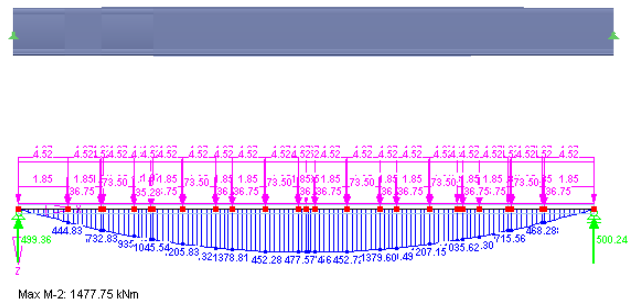


Abbildung 17 Momentenverlauf Ursprung neu

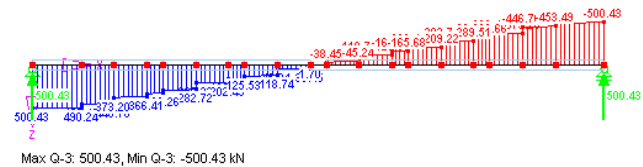


Abbildung 18 Querkraftverlauf Ursprung neu

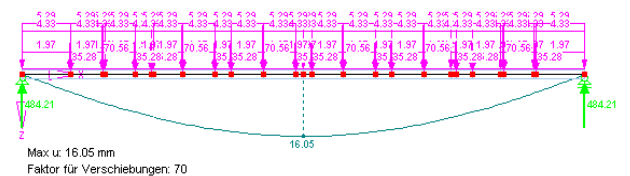


Abbildung 19 Verformung Ursprung neu

### Nachweis der Tragfähigkeit

$$\sigma_b = \frac{M_b}{I_y} \cdot z$$

$$\sigma_b = \frac{212832 \text{ kNcm}}{569221 \text{ cm}^4} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = 17,39 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} = \frac{17,39 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{18,18 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,95 \leq 1$$

Nachweis der Tragfähigkeit erfüllt

$$M_b = 1478 \text{ kNm} = 147800 \text{ kNcm}$$

$$M_{b,d} = \varphi \cdot M_b = 1,44 \cdot 147800 \text{ kNcm}$$

$$M_{b,d} = 212832 \text{ kNcm}$$

$$I_y = 569221 \text{ cm}^4$$

$$z = 46,5 \text{ cm}$$

$$\varphi = 1,44$$

$$\gamma_M = 1,1$$

$$f_{y,k} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_m} = \frac{20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{1,1} = 18,18 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

### Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

$\tau_{d,vorh} = \frac{V_z}{A_{Steg}}$ $\tau_{d,vorh} = \frac{720 \text{ kN}}{100 \text{ cm}^2} = 7,2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ <p>Nachweis</p> $\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} \leq 1$ $\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} = \frac{7,2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{10,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,68 \leq 1$ <p>Nachweis der Querkrafttragfähigkeit erfüllt.</p>	$V_z = 500 \text{ kN}$ $V_{z,d} = \varphi \cdot V_z = 1,44 \cdot 500 \text{ kN}$ $V_{z,d} = 720 \text{ kN}$  $A_{Steg} = 100 \text{ cm}^2$ $\varphi = 1,44$  $\gamma_M = 1,1$ $f_{y,k} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$  $\tau_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_M} = \frac{20 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 10,5 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$
--	---

Wie aus den berechneten Ergebnissen zu erkennen ist, könnte man diese Brücke heute rein statisch und dynamisch gesehen noch im vollen Umfang nutzen. Jedoch sind hierfür weitere ermüdungstechnische Untersuchungen nötig.

## Statische Tragfähigkeitsuntersuchung der Sanierungsvariante

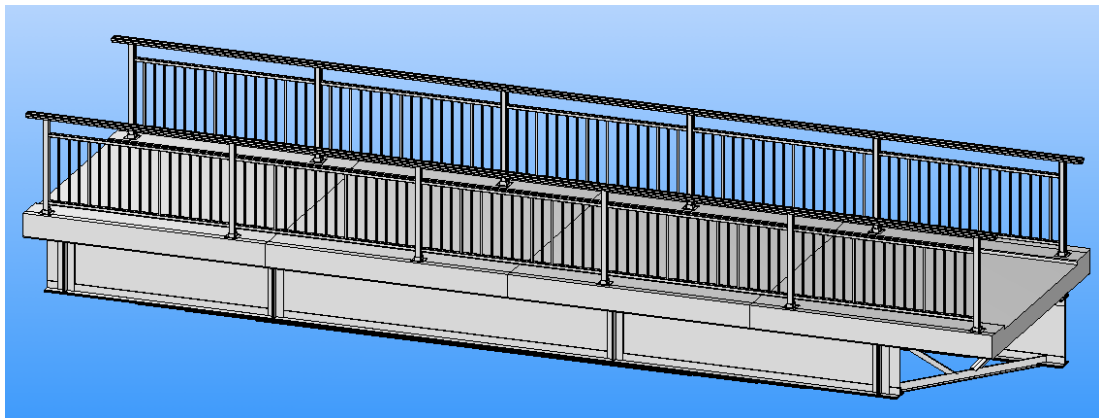


Abbildung 20 Darstellung der Sanierungsvariante

### Veränderliche Einwirkung

#### Schneelastermittlung

Laut DIN Fb 101 braucht bei Brücken der Einfluss der Schneelast nur im Bauzustand und nicht im Endzustand berücksichtigt werden (DIN Fb 101 Punkt 4.10.3 S.40). Da es sich bei dieser Fußgängerbrücke aber um einen nicht regelmäßig zu räumenden Wegeabschnitt handelt, wird auf einen Ansatz von Schnee nicht verzichtet. Die Ermittlung der Lasten erfolgt wie im Fachbericht angegeben nach DIN 1055-5 von Juli 2005.

#### Schneelastzonenkarte

Standort : Hainichen

Höhe : 305 m ü. NN

Schneelastzone : 3

$S_k = \text{Schneelast in [kN/m}^2\text{]}$

$A = \text{Geländehöhe über Meeresniveau in [m]}$

$$\text{Zone 3: } s_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left( \frac{A + 140}{760} \right)^2 \geq 1,10$$

$$s_k = 0,31 + 2,91 \cdot \left( \frac{305 \text{ m} + 140}{760} \right)^2$$

$$s_k = 1,31 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \geq 1,10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Bild 1 — Schneelastzonenkarte


Abbildung 21 Schneelastzonenkarte  
[DIN10555]







### Wind:

Alle Windeinwirkungen werden nach DIN Fb 101 bestimmt und liegen laut diesem der Basis der DIN 1055-4:2005-03 zugrunde. Beim Sicherstellen und Ermitteln der Wetterlage ist es möglich die Einwirkungen im Bauzustand abzumindern.

Standort	: Hainichen
Höhe	: 305 m ü. NN
Windzone	: 2
Geländekategorie	: 3



Windzone	$v_{ref}$	$q_{ref}$
WZ 1	22,5 m/s	0,32 kN/m <sup>2</sup>
WZ 2	25,0 m/s	0,39 kN/m <sup>2</sup>
WZ 3	27,5 m/s	0,47 kN/m <sup>2</sup>
WZ 4	30,0 m/s	0,56 kN/m <sup>2</sup>

<p><b>Geländekategorie I</b></p> <p>Offene See; Seen mit mindestens 5 km freier Fläche in Windrichtung; glattes, faches Land ohne Hindernisse <math>z_0 = 0,01</math> m</p>	
<p><b>Geländekategorie II</b></p> <p>Gelände mit Hecken, einzelnen Gehöften, Häusern oder Bäumen, z. B. landwirtschaftliches Gebiet <math>z_0 = 0,05</math> m</p>	
<p><b>Geländekategorie III</b></p> <p>Vorstädte, Industrie- oder Gewerbegebiete; Wälder <math>z_0 = 0,30</math> m</p>	
<p><b>Geländekategorie IV</b></p> <p>Stadtgebiete, bei denen mindestens 15 % der Fläche mit Gebäuden bebaut sind, deren mittlere Höhe 15 m überschreitet <math>z_0 = 1,00</math> m</p>	

**Abbildung 22 Windzonenkarte [DIN10554]  
Anhang A**

**Abbildung 23 Geländekategorien [DIN10554]  
Anhang B**

Windeinwirkungen  $W$  in kN/m<sup>2</sup> auf Brücken für Windzonen 1 und 2 (Binnenland)

1	2	3	4	5	6	7
	ohne Verkehr und ohne Lärmschutzwand			Mit Verkehr <sup>1)</sup> oder mit Lärmschutzwand		
	auf Überbauten					
$b/d^{2)}$	$z_e \leq 20\text{ m}$	$20\text{ m} < z_e \leq 50\text{ m}$	$50\text{ m} < z_e \leq 100\text{ m}$	$z_e \leq 20\text{ m}$	$20\text{ m} < z_e \leq 50\text{ m}$	$50\text{ m} < z_e \leq 100\text{ m}$
$\leq 0,5$	1,75	2,45	2,90	1,45	2,05	2,40
$= 4$	0,95	1,35	1,60	0,80	1,10	1,30
$\geq 5$	0,95	1,35	1,60	0,60	0,85	1,00
	auf Stützen und Pfeilern <sup>3)</sup>					
$b/d^{2)}$	$z_e \leq 20\text{ m}$		$20\text{ m} < z_e \leq 50\text{ m}$		$50\text{ m} < z_e \leq 100\text{ m}$	
$\leq 0,5$	1,70		2,35		2,80	
$\geq 5$	0,75		1,05		1,25	

Abbildung 24 Windeinwirkung auf Brücken [DIN Fb 101] Anhang N

Erläuterungen zu den Tabellen

*b* Überbau: Gesamtbreite der Deckbrücke,

Unterbau: Stützen- bzw. Pfeilerabmessungen parallel zur Windrichtung.

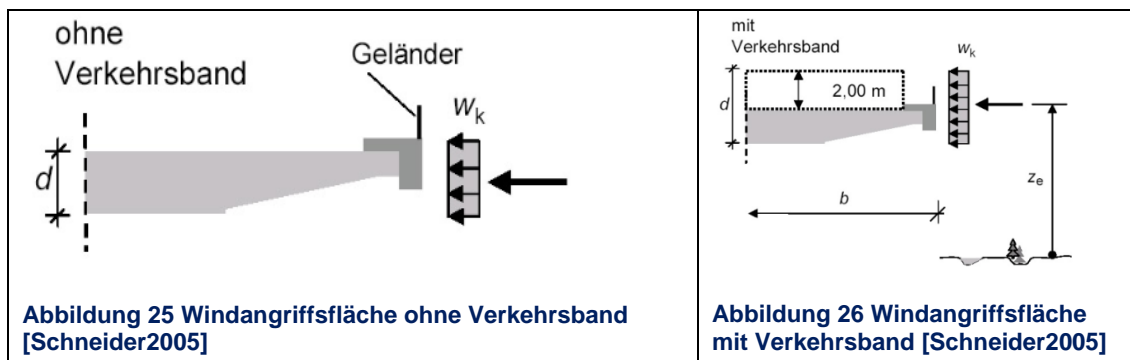
*d* Überbau: bei Brücken ohne Verkehr und ohne Lärmschutzwand:  
Höhe von Oberkante Kappe einschließlich ggf. vorhandener Brüstung oder Gleitwand bis Unterkante Tragkonstruktion. Bei Eisenbahnbrücken, wenn ungünstiger, von Schienenoberkante bis Unterkante Tragkonstruktion,

bei Brücken mit Verkehrsband oder mit Lärmschutzwand:

Höhe von Oberkante Verkehrsband bzw. Lärmschutzwand bis Unterkante Tragkonstruktion.

Unterbau: Stützen- bzw. Pfeilerabmessung orthogonal zur Windrichtung.

$z_e$  Größte Höhe der Windresultierenden über der Geländeoberfläche oder über dem mittleren Wasserstand.



Wind und Temperatur brauchen als nicht gleichzeitig wirkend angenommen zu werden.

$$\frac{b}{d} = \frac{3360 \text{ mm}}{1240 \text{ mm}} = 2,71$$

Damit ergibt sich aus der vorangegangener Tabelle/ Abbildung 24 der Windeinwirkungen, ein interpolierter Wert von  $\approx 1,0 \frac{kN}{m^2}$  als Kräfteansatz. Aus dieser Flächenlast errechnet sich dann durch multiplizieren mit der Einflussbreite die Streckenlast  $1,24 \frac{kN}{m}$  die auf das seitliche Brückenbild einwirkt. Die Lagerreaktionen, die dadurch hervorgerufen werden sind in der rechten Darstellung zu erkennen und bedürfen aufgrund der große keines weiteren Nachweises.

$$b = 3360 \text{ mm}$$

$$d = 1240 \text{ mm} \text{ (Einflussbreite für } W_k \text{)}$$

$$Z_e \approx 5650 \text{ mm}$$

$$L \approx 11,0 \text{ m}$$

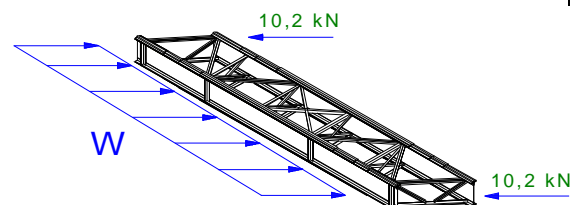


Abbildung 27 Brückenquerschnitt mit Windlast

### Nutzlast

Sind Radlasten anzusetzen, so ist es gestattet diese unter einem Winkel von  $45^\circ$  nach allen Seiten bis zur Mitte des Deckbleches der stählernen Fahrbahnkonstruktion abzutragen.

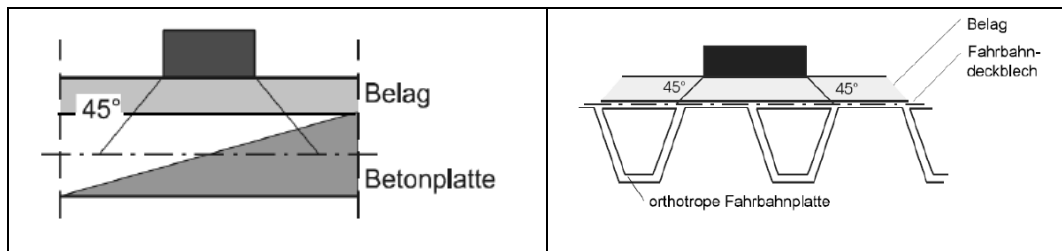


Abbildung 28 Radlasten Krafteinleitung [DIN Fb 101]

### Vertikal:

Da in der Auslegung der Nutzungsmöglichkeiten ein befahren mit eventuellen Dienstfahrzeugen berücksichtigt werden soll, werden für diesen Sachverhalt die Lasten aus dem Abschnitt 5.6.3 (unplanmäßige Anwesenheit von Fahrzeugen auf der Brücke) des DIN Fb 101 herangezogen. Laut DIN Fb 101 im genannten Abschnitt Punkt 2, muss die Belastung nicht mit anderen veränderlichen Einwirkungen angesetzt werden, da es sich hier aber um eine geforderte Belastung handelt kommt diese Regelung nicht zum tragen. Negativ ist zu bemerken, dass die Achsbreite, welche im DIN Fb 101 angegeben wird, nicht mit einem Kraftfahrzeug übereinkommt welches annähernd solch eine Last befördert.

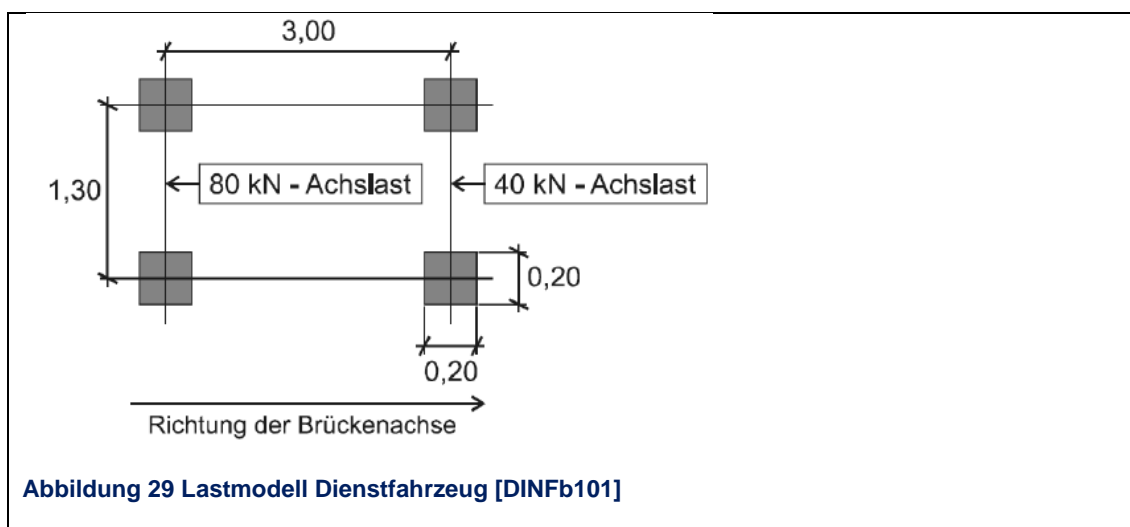


Abbildung 29 Lastmodell Dienstfahrzeug [DIN Fb 101]

Weiterhin ist nach DIN Fb 101 für Fußgänger- und Radwegbrücken eine gleichmäßig verteilte Last von 5,0 kN/m<sup>2</sup> anzusetzen. Eine alternative Einzellast mit 10 kN, wie im DIN Fb 101 angegeben, braucht nicht angenommen zu werden, da eine Rechnung mit möglichem Dienstfahrzeug vorherrschend ist. Die Last des Dienstfahrzeuges braucht nicht mit der gleichmäßigen Flächenlast zusammen angeordnet werden.

Horizontal parallel zur Brückenachse:

Die bei Geh- und Radwegbrücken anzunehmende Horizontalkraft in Längsrichtung der Brücke wird an der Oberkante des Belages angesetzt. Aus dem DIN Fb 101 kann entnommen werden, dass es eine Wahl zwischen zwei Ansatzmöglichkeiten gibt. Entweder sind 10% der ermittelten gleichmäßig verteilten Flächenlast anzunehmen oder 60 % des Dienstfahrzeugsgesamtgewichtes. Die Entscheidung ist dabei aufgrund der sich am ungünstigsten auswirkenden Belastung zu treffen.

<i>Dienstfahrzeugsgesamtgewicht</i> = 120kN	<i>Gleichmäßige Flächenlast</i> = $5 \frac{kN}{m^2}$
<i>Anzusetzende Prozentsatz</i> = 60%	<i>Anzusetzende Prozentsatz</i> = 10%
	<i>Brückenlänge</i> = 10,5m
	<i>Lasteinflussbreite</i> = 2,8m
$120kN \cdot 0,6\% = \underline{72kN}$	$5 \frac{kN}{m^2} \cdot 10,5m \cdot 2,8m \cdot 0,1\% = \underline{17,5kN}$

Daraus ergibt sich, dass als zusätzliche Horizontallast eine Belastung von 72 kN in Belaghöhe angenommen werden muss. Auf einen zusätzlichen Ansatz der Bremslasten wird aufgrund der geringen Verkehrsdichte und der niedrigen vorherrschenden Geschwindigkeit des Fahrzeuges verzichtet.

Die Kraft von 72 kN wird von den 2 Festlagern über die im Bild dargestellten Knaggen aufgenommen.

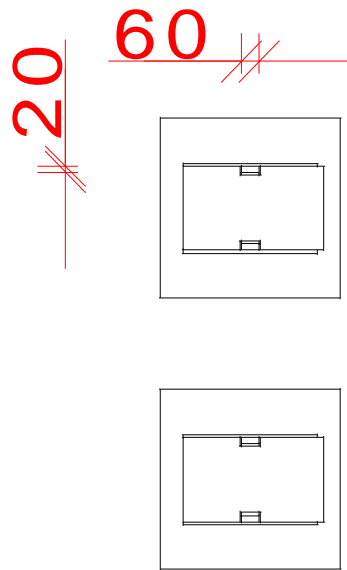
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{72 \text{ kN} \cdot 1,5}{48 \text{ cm}^2} = 2,25 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} = \frac{2,25 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}{18,18 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}} = 0,13 \leq 1$$

Nachweis der Tragfähigkeit erfüllt



**Abbildung 30 Brückenfestlager**

$$A = 4 \cdot 6 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} = 48 \text{ cm}^2$$

Zum Stichpunkt Ermüdung ist anzuführen, dass für keines dieser Lastmodelle nach DIN Fb 101 ein Ermüdungsnachweis erforderlich ist vgl. [DINFb101] Punkt 5. Auf den Nachweis des Schwingungsverhaltens auf Basis von dynamischen Berechnungen wird verzichtet, da das Bauwerk keine besondere Schlankheit besitzt oder aus einer massenoptimierten Konstruktion besteht. Zum verdeutlichen wird lediglich eine Nahrungsrechnung der Eigenfrequenz angewendet und die Ergebnisse mit den im DIN Fb 101 Anhang E angegebenen Grenzwerten verglichen.



Untersuchung auf Anfälligkeit gegenüber fußgängerinduzierter Schwingung

Berechnungsbeispiel Eigenfrequenz Einfeldträger:

Horizontalschwingung

<p>unterer Grenzwert nach DIN Fb 101:</p> <p>bei <math>4\text{ m} \leq L_{\Phi} \leq 20\text{ m}</math></p> $n_0 = \frac{80}{L_{\Phi}}$ $n_0 = \frac{80}{10,5\text{ m}}$ $n_0 = \underline{7,62\text{ Hz}}$ <p>unterer Grenzwert</p> $n_0 = 94,76 \cdot L_{\Phi}^{-0,748}$ $n_0 = 94,76 \cdot 10,5\text{ m}^{-0,748}$ $n_0 = \underline{16,32\text{ Hz}}$	<p><math>L_{\Phi}</math> = maßgebende Länge in m (Stützweite 10,5 m)</p> <p><math>n_0</math> = Eigenfrequenz der unbelasteten Brücke in Hz</p> <p><math>\delta_0</math> = Durchbiegung in Feldmitte unter ständigen Einwirkungen in mm</p> <p>Innerhalb dieses Bereiches ist es möglich eventuelle Schwingbeiwerte, zum Beispiel für ein entsprechendes Fußgängermodell, anzuwenden (wurde aus den Einwirkungen aus Eisenbahnverkehr entnommen) .</p> <p>Wenn nicht gesondert angegeben, enthalten aber die heute im DIN Fb angegebenen Lasten einen dynamischen Beiwert. In der DIN 1072 wurden die Schnittkräfte wie heute noch bei Eisenbahnverkehrsrechnungen mit einem Schwingbeiwert belegt.</p>
---	--

*Kritische Frequenzbereiche  
für Fußgängerbrücken*

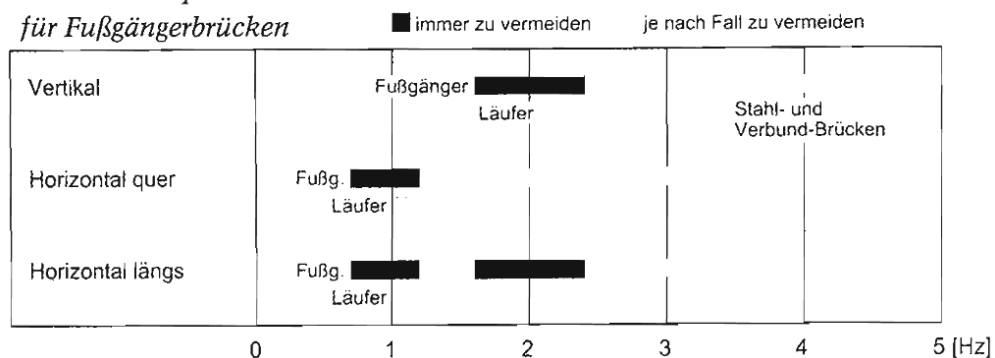


Abbildung 31 Kritische Eigenfrequenzen bei Fußgängerbrücken [Meinhardt2009]

### Vereinfachte Berechnung der Eigenfrequenz

Nach DIN Fb 101 Punkt 6.4.3.1

$\delta_0$  = Durchbiegung in Feldmitte unter ständigen Einwirkungen in mm

$n_0$  = Eigenfrequenz der Brücke in Hz

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}}$$

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{3,22 \text{ mm}}} = 9,89 \text{ Hz}$$

Daraus folgt, dass das Brückentragwerk nicht anfällig für fußgängerinduzierte Schwingung ist und der Freigabe zur Umnutzung als Fuß- und Radwegbrücke nichts im Wege steht. Frequenzen von 0,5 – 5 Hz sind zu vermeiden, siehe dazu Abbildung 31.

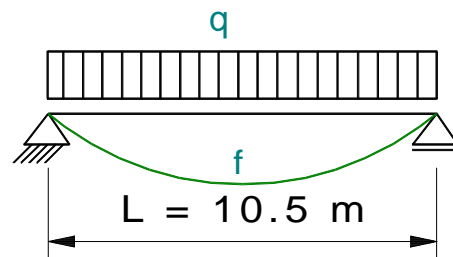


Abbildung 32 Skizze Lastansatz Eigengewicht

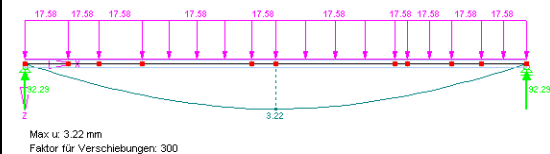


Abbildung 33 Verformung unter Eigenlast



Abbildung 34 Trägerprofil

### Horizontal parallel zur Brückenachse:

Für die Geländer, die einen Schutz gegen Absturz von Fußgängern und Radfahrern bieten sollen, muss eine charakteristische Streckenlast in Handlauhöhe von 0,8 kN/m angesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Kraft sowohl nach außen wie auch nach innen wirken kann.

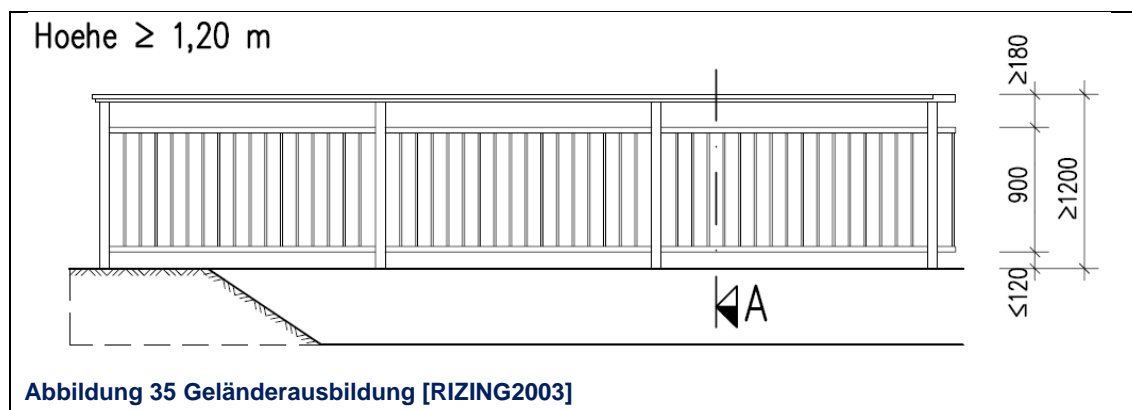
Das Anheben zum Auswechseln der Lager bedarf keiner gesonderten Untersuchung und ist mit den Berechnungen zu den vorangestellten Lastannahmen abgegolten.

## Eigengewichtermittlung

### Geländer:

In der ZTV-ING Teil 8 Bauwerksausstattung, im Abschnitt 4 Absturzsicherungen durch Geländer, wird unter Verweis auf die RIZ-ING im Detail Gel 10 auf folgende Besonderheit hingewiesen:

Bei Straßenbrücken und anderen Ingenieurbauwerken an Straßen mit einer Länge zwischen den Flügelenden von  $> 20,00$  m ist im Handlauf ein Drahtseil anzuordnen vgl. [RIZING2003] . Da das vorhandene Brückenbauwerk eine Spannweite von  $10,5$  m besitzt und nur im Ausnahmefall Fahrzeugverkehr zugelassen wird, ist es nicht notwendig beim Errichten der neuen Geländer diese Absturzsicherung zu realisieren. Jedoch werden alle Profilquerschnitte aus der RIZ-ING übernommen und die Geländerausbildung erfolgt als Füllstabgeländer mit einem Abstand zwischen Füllung und Handlauf nach Detail Gel 4. Als Verkehrslast ist nach DIN Fb 101 eine horizontale Linienlast in Höhe des Handlaufes von  $0,8$  kN/m jeweils von außen und innen anzusetzen.



Die Auswahl der Geländerhöhe richtet sich nach den Empfehlungen der derzeitigen gültigen ERA 95 (die Einführung des neuen Entwurfs ERA 09 von 10/09 steht noch aus).

Wegen des hochliegenden Schwerpunktes von Radfahrern sollte die Geländerhöhe überall dort, wo Radfahrer dicht am Geländer entlangfahren müssen, mindestens  $1,30$  m betragen vgl. [ERA95] .

Die Mindestregelbreite für einseitige Zweirichtungsradwege wird ebenfalls durch die ERA 95 festgelegt und beträgt mindestens 2,50 m vgl. [ERA95] Abschnitt 4.2.2.

Anlagentyp	Breite der Radverkehrsanlage (jeweils einschließlich Markierung)		Breite des Sicherheitstrennstreifens		
			zur Fahrbahn	zum Längsparkstreifen (2,00 m)	zum Schräg/Senkrechtparken
Schutzstreifen	Regelmaß	1,50 m	-	0,50 m in Ausnahmefällen 0,25 m	0,50 m
	Mindestmaß zu Bord	1,25 m			
Radfahrstreifen	Regelmaß	1,85 m	-	0,50 m	0,50 m
Einrichtungsrادweg	Regelmaß	2,00 m	0,50 m (0,75 m bei festen Einbauten bzw. starkem / schnellem Kfz-Verkehr)	0,75 m	1,10 m (Überhangstreifen kann darauf angerechnet werden)
	Maß bei geringer Radverkehrsstärke	1,60 m			
beidseitiger Zweirichtungsradweg	Regelmaß	2,50 m			
	Maß bei geringer Radverkehrsstärke	2,00 m			
einseitiger Zweirichtungsradweg	Regelmaß	3,00 m			
	Maß bei geringer Radverkehrsstärke	2,50 m			

**Abbildung 36 Breite für Radwege [ERA95]**

Außerdem sind für die Berücksichtigung der neuen Brückenbreite die maximalen Abmessungen für Lastkraftwagen aus der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO §32 Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen) zu entnehmen. Gemäß diesen Regelwerkes dürfen Kraftfahrzeuge eine maximale Breite von 2,55 m besitzen vgl.[StVZO] .

Deshalb wird in Anbetracht dieser Gegebenheiten eine Lichte Breite von 2,80 m zwischen den Geländerhandläufen festgelegt. Siehe dazu Abbildung 37 und Abbildung 38.



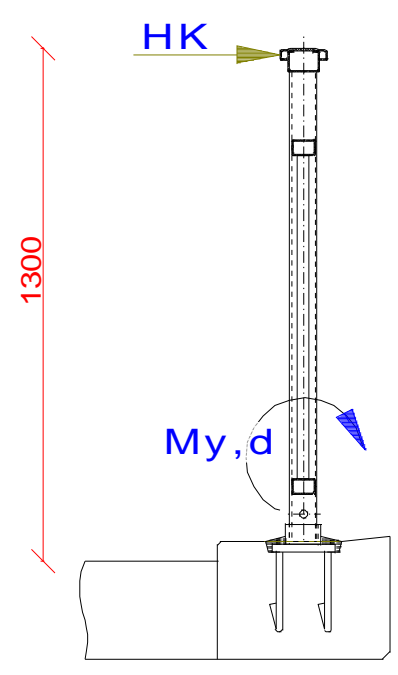
### Abbildung 39 Brückenhandlauf [Schmitt2009]

Geländer:

### Abbildung 40 Gewichtermittlung Geländer



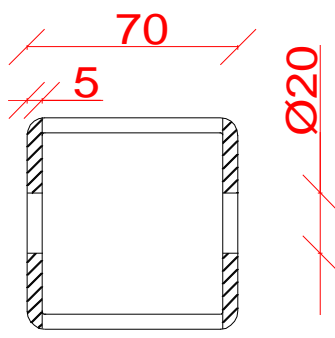
### Nachweis Geländerpfosten

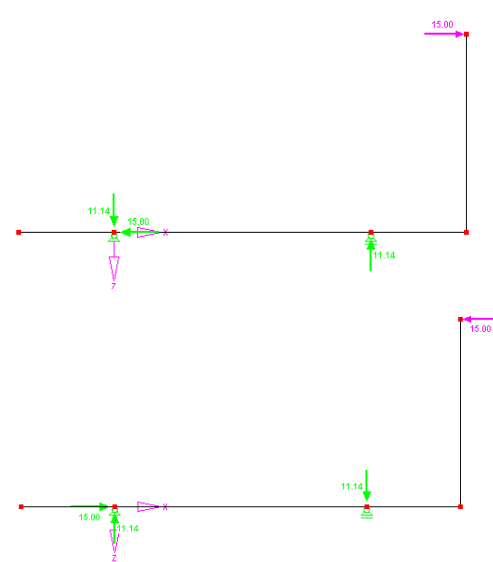
$\gamma_F = 1,5$ $q_k = 0,8 \frac{kN}{m}$ $h_E = 1,3 m$ $H_K = q_k \cdot b_{max}$ $b_{max} = \text{maximaler Pfostenabstand} = 2,4 m$  $H_K = 0,8 \frac{kN}{m} \cdot 2,4 m = 1,92 kN$ $M_{y,d} = H_K \cdot h_E \cdot \gamma_F$  $M_{y,d} = 1,92 kN \cdot 1,3 m \cdot 1,5 = \underline{3,75 kNm}$  VKR 70x5	 <p>Abbildung 41 Geländerquerschnitt</p>
---	--

### Nachweis Biegespannung

$\sigma_b = \frac{M_b}{W}$ $\sigma_b = \frac{375 kNcm}{25,3 cm^3}$ $\sigma_b = 14,82 \frac{kN}{cm^2}$  Nachweis $\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} \leq 1$ $\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} = \frac{14,82 \frac{kN}{cm^2}}{21,82 \frac{kN}{cm^2}} = 0,68 \leq 1$  Nachweis der Tragfähigkeit erfüllt	$M_b = 3,28 kNm = 328 kNcm$ $W = 25,3 cm^3$ (VKR 70x5) $\gamma_M = 1,1$ $f_{y,k} = 24 \frac{kN}{cm^2}$  $\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_m} = \frac{24 \frac{kN}{cm^2}}{1,1} = \underline{21,82 \frac{kN}{cm^2}}$
--	---

### Nachweis Querkraft

$H_{K,d} = 0,8 \frac{kN}{m} \cdot 2,4 m \cdot \gamma_F = 2,88 kN$ $\tau_{q,vorh} = \frac{H_K}{\frac{A}{2} - 2 \text{ Entwässerungs } \emptyset}$ $= \frac{2,88 kN}{6,35 cm^2 - 2 \cdot (2 cm^2 \cdot 0,5 cm)} = 0,66 \frac{kN}{cm^2}$ <p>Nachweis</p> $\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} \leq 1$ $\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} = \frac{0,66 \frac{kN}{cm^2}}{12,6 \frac{kN}{cm^2}} = 0,05 \leq 1$	$A = 12,7 cm^2 \text{ (VKR 70x5)}$ $\gamma_M = 1,1$ $f_{y,k} = 24 \frac{kN}{cm^2}$ $\tau_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m} = \frac{24 \frac{kN}{cm^2}}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 12,6 \frac{kN}{cm^2}$  <p><b>Abbildung 42 Geländerpfostenquerschnitt</b></p>
<p>Nachweis der Querkrafttragfähigkeit erfüllt. Vergleichsspannungsnachweis offensichtlich erfüllt. Schweißnähte nach ZTV-ING 8-4 und RIZ-ING Gel 13.</p> <p>a=4 für Verbindung des Einschubstückes und Geländerpfostens mit diesem</p> <p>a=5 für Anker an Fußplatte</p>	

<p>Aus dem Ansetzen der Geländerkraft, in beide mögliche Richtungen, erhält man die weiteren horizontalen Auflagerkräfte, welche zu jenen aus der Windeinwirkung hinzukommen. Da diese abhebenden Kräfte offensichtlich keinen Einfluss gegenüber dem Eigengewicht der Stahl- und Betonkonstruktion haben, brauchen diese nicht weiter beachtet zu werden.</p>	$F = 0,8 \frac{kN}{m} \cdot 1,5 \cdot 12,5 m = 15 \frac{kN}{m}$  <p><b>Abbildung 43 Ansatz Holmlast</b></p>
--	---

### Mehreinbau

Eine weitere typische Eigenlast, die nach DIN Fb 101 angesetzt werden muss, betrifft den Mehreinbau der beim Herstellen des Fahrbahnbelages oder einer Ausgleichsschicht entstehen kann. Für diese Situation ist eine zusätzliche Flächenlast von 0,5 kN/m<sup>2</sup> über die gesamte Fahrbahnfläche einzuplanen.

### Oberflächenbeschichtung

Als begehbare Belag mit Abdichtungsfunktion wird eine OS-F 11 Beschichtung nach ZTV-ING Teil 3, Abschnitt 4 eingesetzt. Die firmenspezifische Bezeichnung lautet Sikafloor 350 N-Elastic und ist eine hochelastische, rissüberbrückende Brückenbeschichtung auf der Basis eines 2-komponentigen Polyurethanbindemittels. Der Farbton ist kieselgrau.

Systeme nach ZTV-ING OS-F / Rili DAfStb OS 11 (OS F)			
Aufbau	Sika CarDeck Elastic II/UV Bestandteile	Gewicht kg/m <sup>2</sup>	Masse kN/m <sup>2</sup>
Grundierung	Sikafloor-161 + Quarzsand	0,6	0,005886
Basisschicht	Sikafloor-355 N elastic	2,2	0,021582
Verschleißschicht	Sikafloor-355 N + Quarzsand	7	0,06867
Kopfversieglung	Sikafloor-359 N	0,9	0,008829
Gesamtdicke	5 mm	Summe:	<u>0,105</u>

**Abbildung 44 Oberflächenbeschichtung**

Tragwerk Gewichtsermittlung gesamt

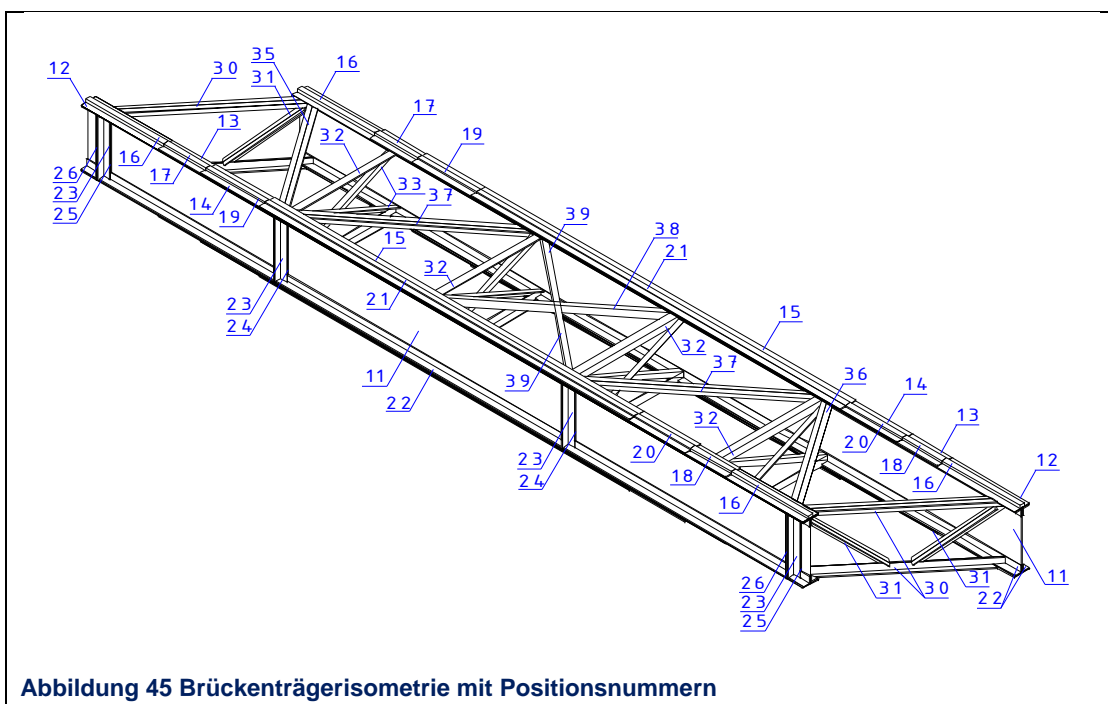


Abbildung 45 Brückenträgerisometrie mit Positionsnummern

Gewicht für einen Träger					
Pos.	Benennung	Länge mm	Stck	Gewicht kN/m	Gewicht gesamt kN
11	Bl. 850x12	10995	1	0,785	8,63
12	Fl. 230x10	10995	2	0,177	3,89
13	Fl. 230x10	8635	2	0,177	3,06
14	Fl. 230x10	7385	2	0,177	2,61
15	Fl. 230x10	5625	2	0,177	1,99
16	Fl. 70x40	1180	2	0,216	0,51
17	Fl. 70x30	640	1	0,162	0,10
18	Fl. 70x30	610	1	0,162	0,10
19	Fl. 70x20	900	1	0,108	0,10
20	Fl. 70x20	860	1	0,108	0,09
21	Fl. 70x10	5625	1	0,054	0,30
22	L 100x12	10995	4	0,178	7,83
23	L 100x10	850	8	0,148	1,01
24	Fl. 200x12	650	2	0,185	0,24
25	Fl. 210x12	650	2	0,194	0,25
26	Fl. 100x12	650	2	0,092	0,12
					<u>30,84</u>

Gewicht Verbände					
Pos.	Benennung	Länge mm	Stck	Gewicht kN/m	Gewicht gesamt kN
30	L 100x65x9	2273	8	0,109	1,98
31	L 70x9	1230	8	0,072	0,71
32	L 100x10	1750	8	0,148	2,07
33	L 70x9	1950	8	0,072	1,12
34					0,00
35	L 100x65x9	2151	2	0,109	0,47
36	L 100x65x9	2136	2	0,109	0,47
37	L 100x65x9	2811	4	0,109	1,23
38	L 100x65x9	2798	1	0,109	0,30
39	L 100x65x9	1398	2	0,109	0,30
					<u>8,66</u>

Gewicht Verbindungsmittel Nietkopf und Anschlussbleche					
Pos.	Schaft Ø	Kopf Ø	Stck	Gewicht je Stck in kN	Gewicht gesamt in kN
Niet Halbrund	22x	35	646	0,00173	1,12
Niet Halbrund	19x	30	256	0,00108	0,28
646 Niete je Träger					
256 Niete für Anschluss der Verbände					
Anschlussbleche					4,44
Das Gesamtgewicht der Konstruktion beträgt <u>77,3 kN</u>					

**Abbildung 46 Ermittlung Eigengewicht Träger**

Abmessungen von Nieten und Profilstäben wurden aus dem Tabellenbuch Metallgewerbe von 1931 entnommen [Zimmermann1931] .



## Ermittlung der statischen Querschnittswerte

Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
Querschnittsfläche	A	376,83	cm <sup>2</sup>
Schubflächen	A <sub>2</sub>	194,15	cm <sup>2</sup>
	A <sub>3</sub>	102,69	cm <sup>2</sup>
Trägheitsmomente	I <sub>y</sub>	569221,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>z</sub>	10066,50	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradien	i <sub>y</sub>	38,87	cm
	i <sub>z</sub>	5,17	cm
Polare Trägheitsmomente	I <sub>p</sub>	579288,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>p,M</sub>	579288,00	cm <sup>4</sup>

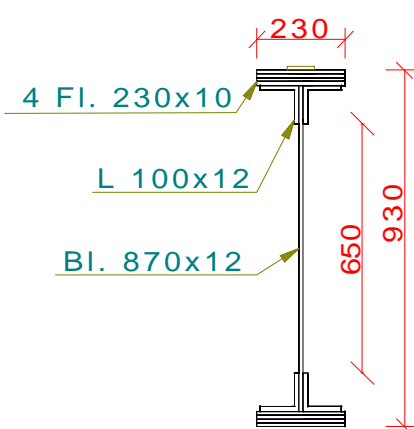


Abbildung 47 Querschnitt Brückenträger 4

Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
Querschnittsfläche	A	330,83	cm <sup>2</sup>
Schubflächen	A <sub>2</sub>	155,84	cm <sup>2</sup>
	A <sub>3</sub>	100,43	cm <sup>2</sup>
Trägheitsmomente	I <sub>y</sub>	471882,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>z</sub>	8038,71	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradien	i <sub>y</sub>	37,77	cm
	i <sub>z</sub>	4,93	cm
Polare Trägheitsmomente	I <sub>p</sub>	479920,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>p,M</sub>	479920,00	cm <sup>4</sup>

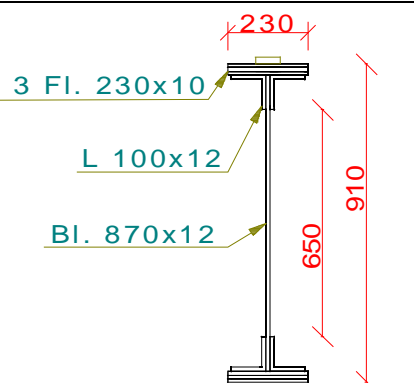


Abbildung 48 Querschnitt Brückenträger 3

Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
Querschnittsfläche	A	284,83	cm <sup>2</sup>
Schubflächen	A <sub>2</sub>	117,54	cm <sup>2</sup>
	A <sub>3</sub>	97,89	cm <sup>2</sup>
Lage des Schwerpunktes	y <sub>S,0</sub>	0,00	cm
	z <sub>S,0</sub>	0,00	cm
Trägheitsmomente	I <sub>y</sub>	378728,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>z</sub>	6010,88	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradien	i <sub>y</sub>	36,46	cm
	i <sub>z</sub>	4,59	cm
Polare Trägheitsmomente	I <sub>p</sub>	384739,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>p,M</sub>	384739,00	cm <sup>4</sup>

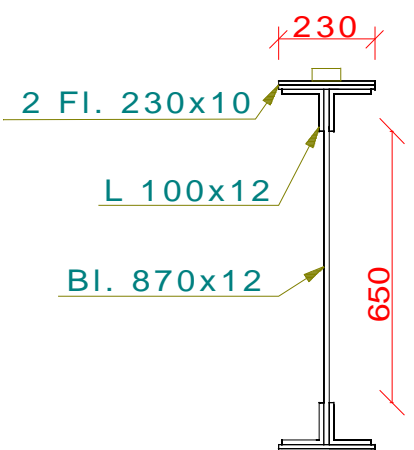


Abbildung 49 Querschnitt Brückenträger 2

Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
Querschnittsfläche	A	238,83	cm <sup>2</sup>
Schubflächen	A <sub>2</sub>	79,28	cm <sup>2</sup>
	A <sub>3</sub>	94,84	cm <sup>2</sup>
Trägheitsmomente	I <sub>y</sub>	289668,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>z</sub>	3983,05	cm <sup>4</sup>
Trägheitsradien	i <sub>y</sub>	34,83	cm
	i <sub>z</sub>	4,08	cm
Polare Trägheitsmomente	I <sub>p</sub>	293651,00	cm <sup>4</sup>
	I <sub>p,M</sub>	293651,00	cm <sup>4</sup>

Abbildung 50 Querschnitt Brückenträger 1

## Untersuchung auf Beulsicherheit

Bei hohen schlanken Trägern ist es möglich, dass es zum Plattenbeulen des Steges kommen kann, um dies auszuschließen wird an dieser Stelle das b/t Verhältnis überprüft (DIN 18800 Tab, 12 u. 13).

<p> <math display="block">vorh \left( \frac{b}{t} \right) \leq grenz \left( \frac{b}{t} \right)</math> <math display="block">b = 640 \text{ mm}</math> <math display="block">t = 12 \text{ mm}</math> <math display="block">vorh \left( \frac{b}{t} \right) = \frac{640 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 53,33</math> <math display="block">grenz \left( \frac{b}{t} \right) = 133 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}</math> <math display="block">\psi = -1</math> <math display="block">\gamma_M = 1,1</math> <p>Auf der sicheren Seite liegend wird <math>\sigma_1</math> mit 240 N/mm<sup>2</sup> angenommen.</p> <math display="block">grenz \left( \frac{b}{t} \right) = 133 \cdot \sqrt{\frac{240}{\sigma_1 \cdot \gamma_M}}</math> </p>	<p>Abbildung 51 Bemaßung Träger</p>
---	-------------------------------------

$$grenz \left( \frac{b}{t} \right) = 133 \cdot \sqrt{\frac{240}{240 \cdot 1,1}} = 126,8$$

Nachweis

$$vorh \left( \frac{b}{t} \right) \leq grenz \left( \frac{b}{t} \right)$$

$$\underline{53,33 \leq 126,8 \text{ NW erfüllt}}$$

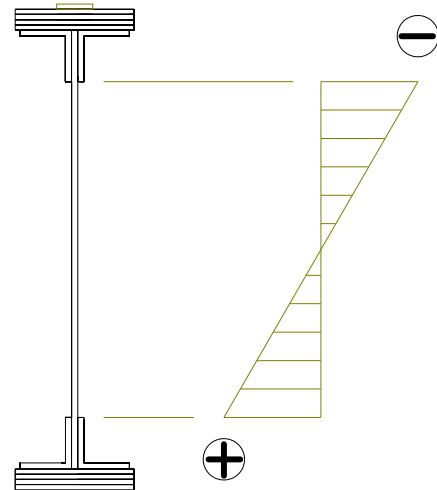


Abbildung 52 Spannungsverlauf

Ein Nachweis der Beulsicherheit nach DIN 18800-3 ist somit nicht nötig.

## Untersuchung zur Berücksichtigung von Lochabzug

Lochschwächungen sind laut DIN 18800-1 bei der Berechnung der zulässigen Beanspruchbarkeit zu berücksichtigen. Ausnahmen bilden jedoch Bereiche in denen Druck oder Schub herrscht, wenn das Lochspiel kleiner 1mm ist. Eine weitere Regel dazu besagt, dass wenn die Löcher wie im vorliegenden Fall mit Nieten ausgefüllt sind, ebenfalls die Berücksichtigung entfallen kann.

In zugbeanspruchten Bereichen der Werkstoffe S235 und S355 darf die Lochschwächung unberücksichtigt bleiben, wenn gilt:

$$\frac{A_{Brutto}}{A_{Netto}} \leq \frac{f_{u,k}}{1,25 \cdot f_{y,k}}$$

Auch darf ein eventuell durch die Bohrung entstehender Versatz unberücksichtigt bleiben, wenn diese Vorgabe erfüllt oder die Beanspruchbarkeit in den zugbeanspruchten Teilen mit der Streckgrenze bestimmt werden. Weiterhin sind diese Vorgaben auch für die Ermittlung der Formänderung anwendbar.

Berechnungen

**Abbildung 53 ohne Lochabzug**

Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
Querschnittsfläche	A	376,83	cm <sup>2</sup>

$$\frac{A_{Brutto}}{A_{Netto}} \leq \frac{f_{u,k}}{1,25 \cdot f_{y,k}}$$

$$A_{Brutto} = 376,83 \text{ cm}^2$$

$$A_{Netto} = 328,99 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{Brutto}}{A_{Netto}} = \frac{376,83 \text{ cm}^2}{328,99 \text{ cm}^2} = 1,15$$

**Abbildung 54 mit Lochabzug**

Bezeichnung	Symbol	Größe	Einheit
Querschnittsfläche	A	328,99	cm <sup>2</sup>

$$\frac{f_{u,k}}{1,25 \cdot f_{y,k}} = \frac{360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,25 \cdot 240 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1,2$$

Nachweis

$$1,15 \leq 1,2 \text{ NW erfüllt}$$

Daraus folgt, dass der Lochabzug bei der statischen Berechnung nicht berücksichtigt werden muss.

Der Nachweis der Verbindungsmittel, wie Kopf- und Halsniete kann aufgrund der geringen Auslastung im Vergleich zu Ursprungsbelastung als erfüllt angesehen werden. Auch der Anschluss von Verbänden ist dadurch abgesichert.

## Anzuwendende Lastgruppen und Teilsicherheitsbeiwerte

Belastungsart		Vertikallast		Horizontallast
Lastsystem		Gleichmäßig verteilte Last	Dienstfahrzeuge	
Lastgruppe	gr 1	$F_k$	0	$F_k$
	gr 2	0	$F_k$	$F_k$

**Abbildung 55 Definition von Lastgruppen [DIN Fb101]**

**$\psi$ -Beiwerte für Geh- und Radwegbrücken**

Einwirkung	Bezeichnung	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$	$\psi_1'^{1)}$
Verkehrslasten	gr 1	0,40	0,40	0,20	0,80
	$Q_{fWK}$	0	0	0	0
	gr 2	0	0	0	1,00
Windlasten	$F_{WK}$	0 <sup>2)</sup>	0,50	0	0,60
Temperatur	$T_k$	0 <sup>3)</sup>	0,60	0,50	0,80

- 1)  $\psi_1'$  ist ein  $\psi$ -Beiwert, der zur Bestimmung der nicht häufigen Lasten (siehe Abschnitt 2.2) dient.  
2) Falls eine andere Haupteinwirkung als Verkehr oder Temperatur berücksichtigt werden soll, kann dieser Wert durch 0,30 ersetzt werden.  
3) Falls nachweisrelevant, sollte  $\psi_0 = 0,80$  gesetzt werden, siehe hierzu auch DIN-Fachberichte für Bemessung.

**Abbildung 56 Kombinationsbeiwerte für Geh- und Radwegbrücken [DIN Fb101]**

**Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen: Grenzzustände der Tragfähigkeit für Straßenbrücken**

Einwirkung	Bezeichnung	Bemessungssituation	
		S/V	A
<b>Ständige Einwirkungen</b> Eigenlasten der tragenden und nichttragenden Bauteile, ständige Einwirkungen des Baugrundes, Grundwasser und Wasser			
ungünstig	$\gamma_{Gsup}$	1,35 <sup>2), 3), 4)</sup>	1,00
günstig	$\gamma_{Ginf}$	1,00 <sup>2), 3), 4)</sup>	1,00
<b>Horizontaler Erddruck aus Auflast<sup>7)</sup></b>			
ungünstig	$\gamma_{Gsup}$	1,50	--
günstig	$\gamma_{Ginf}$	1,00	--
<b>Vorspannung</b>	$\gamma_P$	1,00 <sup>5)</sup>	1,00
<b>Setzungen<sup>8)</sup></b>	$\gamma_{Gset}$	1,00 <sup>6)</sup>	--
<b>Verkehr<sup>9)</sup></b>			
ungünstig	$\gamma_Q$	1,50	1,00
günstig		0	0
<b>Temperatur</b>			
ungünstig	$\gamma_Q$	1,35	1,00
günstig		0	0
<b>Andere variable Einwirkungen</b>			
ungünstig	$\gamma_Q$	1,50	1,00
günstig		0	0
<b>Außergewöhnliche Einwirkungen</b>	$\gamma_A$	--	1,00

**Abbildung 57 Teilsicherheitsbeiwerte für Brücken [DIN Fb101]**

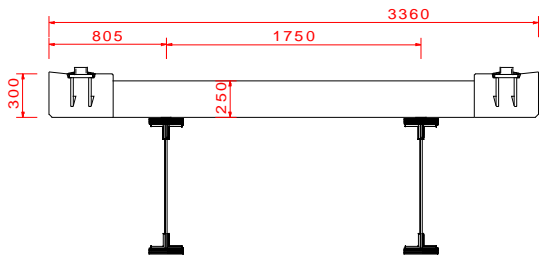


## Ermittlung der möglichen Lastfälle

Lastfall Nr.	Benennung	Art der Einwirkung	$\gamma_F$	$\psi$	Häufigkeit
LF1	Eigengewichte	ständig	1,35	-	-
LF2	Dienstfahrzeug	veränderlich	1,5	0,4	häufig
LF3	Horizontallast in Längsrichtung	veränderlich	1,5	0,4	häufig
LF4	Gleichmäßige Last	veränderlich	1,5	0,4	häufig
LF5	Geländerholmlast	veränderlich	1,5	0,4	häufig
LF6	Schnee	veränderlich	1,5	0,6	nicht häufig
LF7	Wind	veränderlich	1,5	0,6	nicht häufig

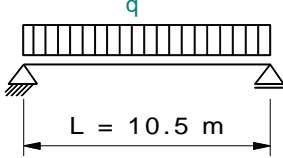
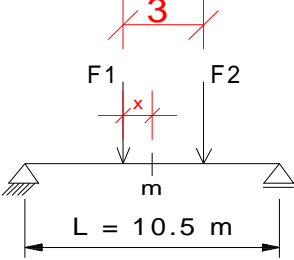
Abbildung 58 Lastfälle

## Lastfälle für die Bemessung der Betonplatte

<p>LF1 Eigengewicht</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonplatte</li> <li>• Ausgleich</li> <li>• Oberflächenbeschichtung</li> <li>• Geländer</li> </ul> <p>LF2 Dienstfahrzeug</p> <p>LF3 Gleichmäßige Flächenlast</p> <p>LF4 Schnee</p>	 <p>Abbildung 59 Brückenquerschnitt Betonplatte</p>
<p>Lastkombinationen 1 (Dienstfahrzeug)</p> <p>a) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF2 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p> <p>Maßgebend für Querkraft und Feldmoment</p> <p>b) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F + LF2 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p>	<p>Lastkombination 2 (Flächenlast)</p> <p>a) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF3 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p> <p>Maßgebend für Momente über Auflager</p> <p>b) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F + LF3 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p>

Die Nachrechnung der Betonplatte mit den vorhandenen Abmessungen, die Ermittlung der notwendigen Bewehrung und Betondeckung aufgrund vorhandener Expositionsklassen befinden sich im Anhang E. Die Rechnung wurde mit dem Programm Baustatik von mb AEC Software durchgeführt. Es ergibt sich damit für die Nachrechnung der Brückenträger eine Betonlast von 6,25 kN/m<sup>2</sup>, die sich aus dem Gewicht von Stahlbeton (25 kN/m<sup>3</sup>) ergibt.

## Lastfälle für die Bemessung der Brückenträger

<b>LF1 Eigengewicht</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Betonplatte</li> <li>Ausgleich</li> <li>Oberflächenbeschichtung</li> <li>Geländer</li> <li>Brückenträger</li> </ul>	<b>Eigengewicht</b> 	<b>Dienstfahrzeug</b> 
<b>LF2 Dienstfahrzeug</b> <b>LF3 Gleichmäßige Flächenlast</b> <b>LF4 Schnee</b>	<b>Lastkombinationen 1 (Dienstfahrzeug)</b> <i>a) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF2 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></i> <i>b) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F + LF2 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></i>	
<b>Lastkombinationen 2 (Flächenlast)</b> <i>a) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF3 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></i> <i>b) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F + LF3 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></i>		

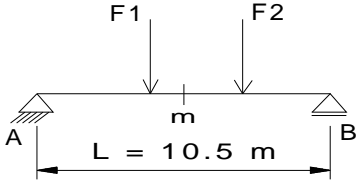
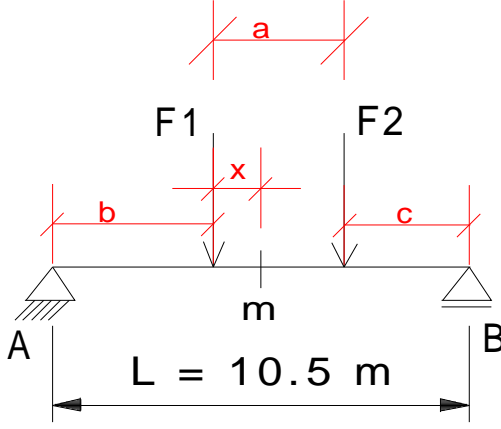
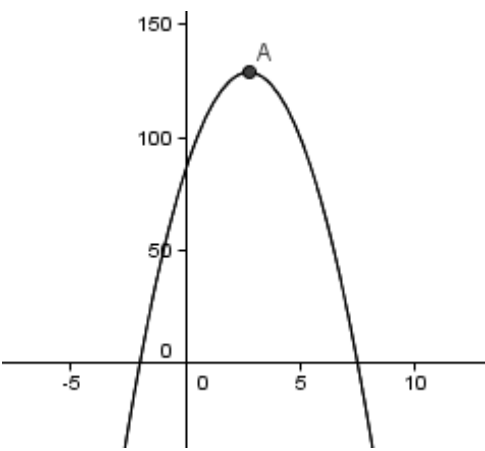
LF1 Eigengewicht			Gewicht	Fläche cm <sup>2</sup>	Gesamt länge m	Gewicht kN/m bezogen auf 10,5 m je Träger
	• Betonplatte	6,2	kN/m <sup>2</sup>	3,36	12,5	12,5
	• Ausgleich	0,5	kN/m <sup>2</sup>	2,48	12,5	0,74
	• Oberflächen- beschichtung	0,1	kN/m <sup>2</sup>	2,48	12,5	0,16
	• Geländer	0,5	kN/m	-	12,5	0,5
	• Brückenträger r + halber Verband	3,5	kN/m	-	11,0	3,68
LF2 Dienstfahrzeug						
	• Achslast 80 kN und 40 kN werden pro Träger zu F1= 40 kN und F2= 20kN					
LF3 Gleichmäßige Flächenlast						
	• Flächennutzla- st	5,0	kN/m <sup>2</sup>	2,8	12,5	8,3
LF4 Schnee						
	• Schneelast	1,3 1	kN/m <sup>2</sup>	2,8	12,5	2,18

Abbildung 60 Lastzusammenstellung

Ermittlung der Laststellung für das Ergebnis des maximalen Biegemomentes.

<p> <math>F1 = 40 \text{ kN}</math>  <math>F1 = 20 \text{ kN}</math>  <math>L = 10,5 \text{ m}</math>  <math>a = 3 \text{ m}</math> </p> <p> <math>Max_M = A \cdot b</math>  <math>A = \frac{F2 \cdot c + F1 \cdot (c + 3)}{L}</math>  <math>b = L - (c + 3)</math> </p> <p> <math>f_{(x)max} = \left( \frac{F2 \cdot c + F1 \cdot (c + 3)}{L} \right) \cdot (L - (c + 3))</math> </p> <p> <math>A = (2,5; 128,93)</math>  Daraus folgt das der Abstand c für das maximale Moment 2,5 m beträgt und die Entfernung x bei <math>\frac{a}{6}</math> liegt. </p> <p> <math>x = \frac{a}{6} = \frac{3 \text{ m}}{6} = 0,5 \text{ m}</math> </p>	 <p>Abbildung 61 Laststellung M max</p>  <p>Abbildung 62 Funktion für M max</p>
<p>Lastkombinationen 1 (Dienstfahrzeug)</p> <p>a) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF2 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p> <p>Maßgebend für Biegemoment</p> <p>b) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F + LF2 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p>	<p>Lastkombination 2 (Flächenlast)</p> <p>a) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF3 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p> <p>Maßgebend für Querkraft</p> <p>b) <math>LF1 \cdot \gamma_F + LF4 \cdot \gamma_F + LF3 \cdot \gamma_F \cdot \psi</math></p>

Lastkombinationen 1 a)  
(Dienstfahrzeug)

Eigengewicht =

$$17,58 \frac{kN}{m} \cdot 1,35 = 23,73 \frac{kN}{m}$$

Dienstfahrzeug =

$$F1 = 40 \text{ kN} \cdot 1,5 = 60 \text{ kN}$$

$$F2 = 20 \text{ kN} \cdot 1,5 = 30 \text{ kN}$$

Schneelast =

$$2,18 \frac{kN}{m} \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 1,96 \frac{kN}{m}$$

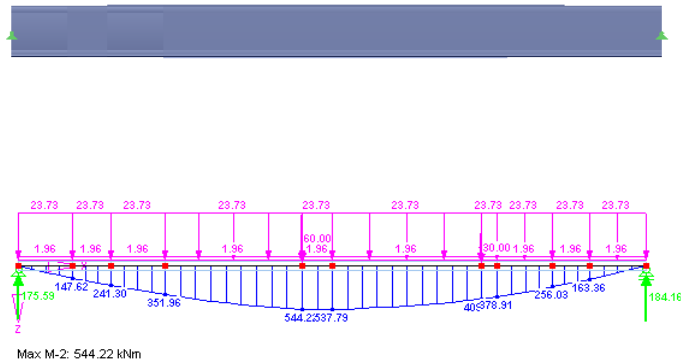


Abbildung 63 Momentverlauf LK 1a

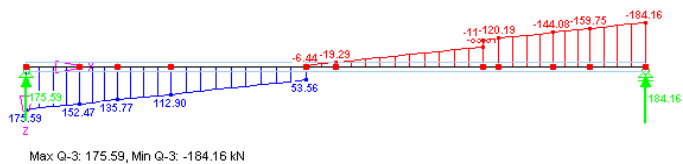


Abbildung 64 Querkraftverlauf LK 1a

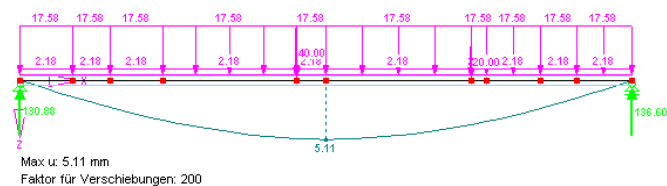


Abbildung 65 Verformung LK 1a

$$\gamma_F = 1,0$$

## Nachweis der Tragfähigkeit

$$\sigma_b = \frac{M_b}{I_y} \cdot z$$

$$\sigma_b = \frac{54422 \text{ kNcm}}{569221 \text{ cm}^4} \cdot 46,5 \text{ cm}$$

$$\sigma_b = 4,24 \frac{kN}{cm^2}$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{b,vorh}}{\sigma_{R,d}} = \frac{4,24 \frac{kN}{cm^2}}{18,12 \frac{kN}{cm^2}} = 0,23 \leq 1$$

Nachweis der Tragfähigkeit erfüllt

$$M_b = 544,22 \text{ kNm} = 54422 \text{ kNcm}$$

$$I_y = 569221 \text{ cm}^4$$

$$z = 46,5 \text{ cm}$$

$$\gamma_M = 1,1$$

$$f_{y,k} = 20 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\sigma_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_m} = \frac{20 \frac{kN}{cm^2}}{1,1} = 18,18 \frac{kN}{cm^2}$$

Lastkombinationen 2 a)  
(Flächennutzlast)

Eigengewicht =

$$17,58 \frac{kN}{m} \cdot 1,35 = 23,73 \frac{kN}{m}$$

Flächennutzlast =

$$8,3 \frac{kN}{m} \cdot 1,5 = 12,45 \frac{kN}{m}$$

Schneelast =

$$2,18 \frac{kN}{m} \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 1,96 \frac{kN}{m}$$

Nachweis Verformung

$$f_{zul} = \frac{L}{500} = \frac{10500 \text{ mm}}{500} = 21 \text{ mm}$$

$$f_{vorh} = 5,13 \text{ mm}$$

$$\frac{f_{vorh}}{f_{zul}} = \frac{5,13 \text{ mm}}{21 \text{ mm}} = 0,24 \leq 1$$

Nachweis erfüllt

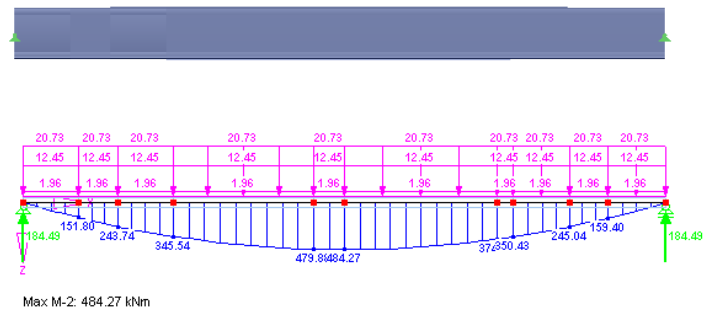


Abbildung 66 Momentenverlauf LK 2a

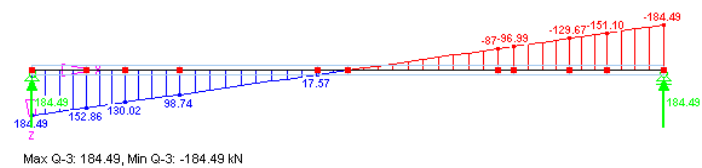


Abbildung 67 Querkraftverlauf LK 2a

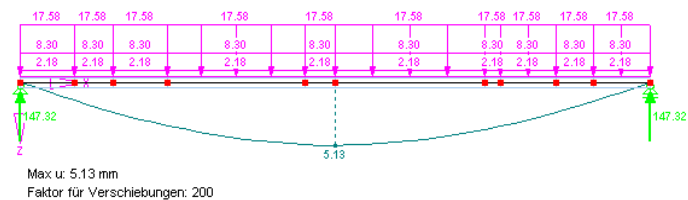


Abbildung 68 Verformung LK 2a

$$\gamma_F = 1,0$$

## Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

$$\tau_{d,vorh} = \frac{V_z}{A_{Steg}}$$

$$\tau_{d,vorh} = \frac{184,5 \text{ kN}}{100 \text{ cm}^2} = 1,85 \frac{kN}{cm^2}$$

Nachweis

$$\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} \leq 1$$

$$\frac{\tau_{d,vorh}}{\tau_{R,d}} = \frac{1,85 \frac{kN}{cm^2}}{10,5 \frac{kN}{cm^2}} = 0,18 \leq 1$$

Nachweis der Querkrafttragfähigkeit erfüllt.

$$V_z = 184,5 \text{ kN}$$

$$A_{Steg} = 100 \text{ cm}^2$$

$$\gamma_M = 1,1$$

$$f_{y,k} = 20 \frac{kN}{cm^2}$$

$$\tau_{R,d} = \frac{f_{y,k}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_m} = \frac{20 \frac{kN}{cm^2}}{\sqrt{3} \cdot 1,1} = 10,5 \frac{kN}{cm^2}$$



## **Anlage E**

### **Stahlbetonplatte Berechnung**



# Statische Berechnung

**Auftrags-Nr.:** 001

**Bauvorhaben:** Eisenbahnbrücke Striegistal  
Dienstfahrzeug + Schnee

**Bauherr:** Fachhochschule Mittweida

**Tragwerksplanung:** Tilo Sperling

**Architekt:**

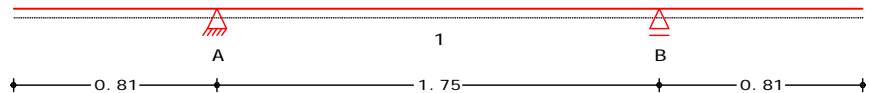
**Inhaltsverzeichnis**

Posi ti on	Beschrei bung	Sei te
TB	Ti tel bl att	1
Brücke	Stahl betonbal ken nach DIN 1045-1	3

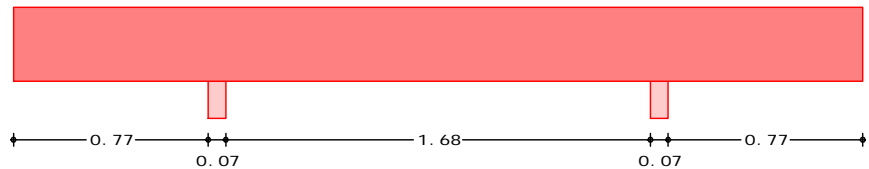
**Pos. Brücke**
**Stahlbetonbalken nach DIN 1045-1**
System

Ei nachsig gespannte Platte mit Auskragung

M 1: 30



M 1: 30


Abmessungen

Feld	l [m]	x [m]	b [cm]	h [cm]	b/h [-]	I [cm <sup>4</sup> /m]
Kr. li	0.81		100.0	25.0	5.0	130208
1	1.75		100.0	25.0	5.0	130208
Kr. re	0.81		100.0	25.0	5.0	130208

Auflager

Aufl.	t [cm]	Art
A	7.0	biegeweich
B	7.0	biegeweich

Ei nwi rkungen
Ständi g

Ei gengewi cht  
ständi ge Ei nwi rkung

NutzD

Di enst

NutzS

Verkehrslast, Kategori e G

fw

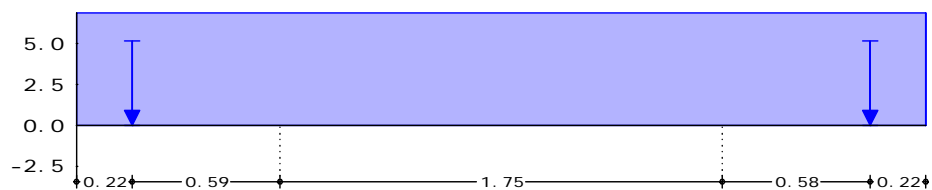
Schnee

Schnee-/Ei slast &lt;= 1000 m

fw

Bel astung
Ei nw. Ständi g
Ei gengewi cht

M 1: 30



Gleichlasten

Nr.	Feld	q [kN/m]
1	Kl.-Kr	0.11
2	Kl.-Kr	0.50

Einzellasten

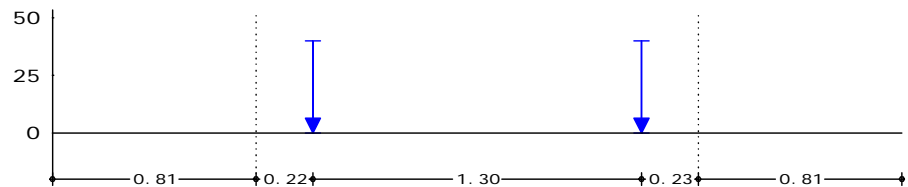
Nr.	Feld	a [m]	F [kN]
1	Kr.li	0.22	0.51
2	Kr.re	0.58	0.51

Eigengewicht

Feld	g [kN/m]
Kr.li	6.250
1	6.250
Kr.re	6.250

Einw. *NutzD*
*Dienst*

M 1:30

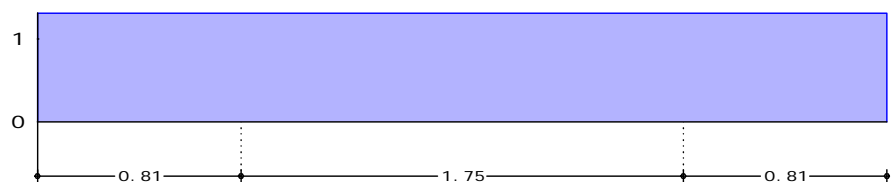


Einzellasten

Nr.	Feld	a [m]	F [kN]
1	1	0.23	40.00
2	1	1.52	40.00

Einw. *NutzS*
*Schnee*

M 1:30



Gleichlasten

Nr.	Feld	q [kN/m]
1	Kl.-Kr	1.31

Schnittgrößen

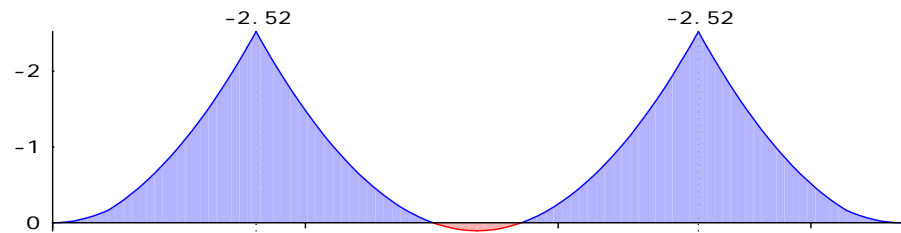
nach der linearen Elastizitätstheorie

Einw. *Ständig*
*Eigengewicht*

M 1:30

charakteristisches Moment  $m_k$ 

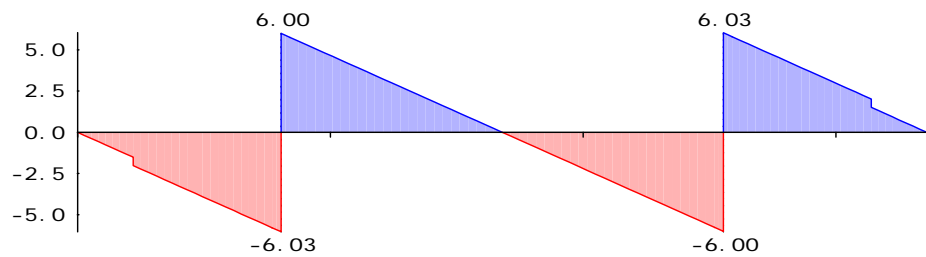
[kNm/m]



M 1:30

charakteristische Querkraft  $v_k$ 

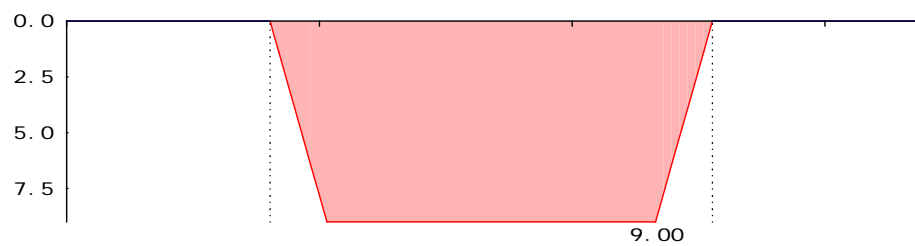
[kN/m]


Ei nw. *NutzD*
*Dienst*

M 1:30

charakteristisches Moment  $m_k$ 

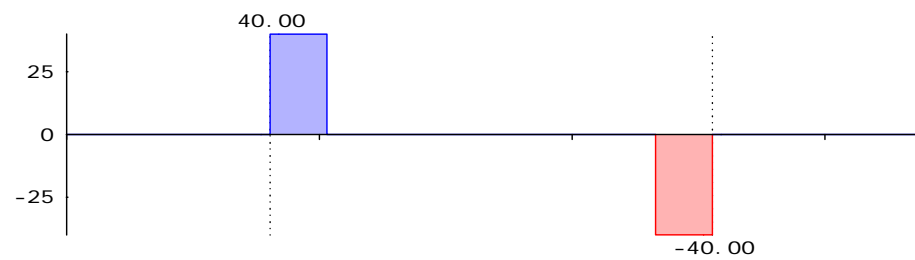
[kNm/m]



M 1:30

charakteristische Querkraft  $v_k$ 

[kN/m]

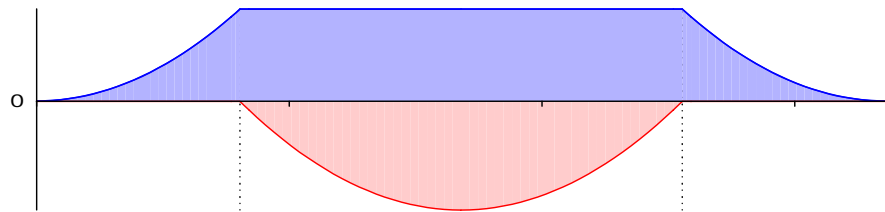

Ei nw. *NutzS*
*Schnee*



M 1:30

charakteristisches Moment  $m_k$ 

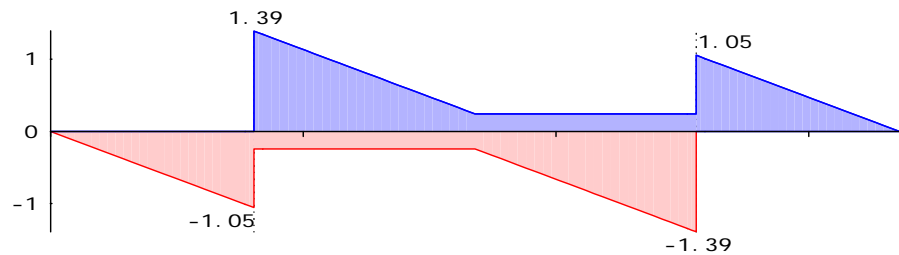
[kNm/m]



M 1:30

charakteristische Querkraft  $v_k$ 

[kN/m]


charakteristische  
Auflagerkräfte

Ei nwi rkung	Aufl .	max [kN/m]	mi n [kN/m]
Ständi g	A	12. 03	12. 03
	B	12. 03	12. 03
NutzD	A	40. 00	0. 00
	B	40. 00	0. 00
NutzS	A	2. 44	-0. 24
	B	2. 44	-0. 24

Kombi nati onen

Grundkombi nati on  $E_d$   
DIN 1055-100, (14)

gemäß DIN 1045-1 und DIN 1055-100

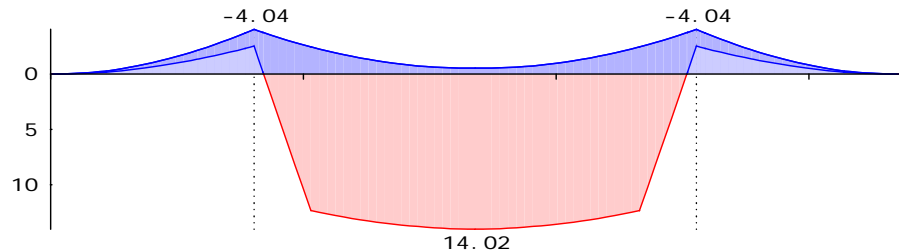
Ek	$\Sigma (\gamma^* \psi^* EW$ (Felder: 1, ..., n))
1	1. 00*Ständi g
2	1. 35*Ständi g +1. 50*NutzS (0)
3	1. 00*Ständi g +1. 50*NutzD +0. 75*NutzS (1) (1)
4	1. 35*Ständi g +1. 50*NutzS (0, 2)
5	1. 35*Ständi g +1. 50*NutzD +0. 75*NutzS (1) (0, 1)
6	1. 00*Ständi g +1. 50*NutzS (2)
7	1. 35*Ständi g +1. 50*NutzD +0. 75*NutzS (1) (1)
8	1. 00*Ständi g +1. 50*NutzS (0, 2)
9	1. 35*Ständi g +1. 05*NutzD +1. 50*NutzS (1) (0, 1)
10	1. 00*Ständi g +1. 50*NutzS (0)
11	1. 35*Ständi g +1. 50*NutzD +0. 75*NutzS (1) (1, 2)
12	1. 35*Ständi g +1. 50*NutzS

$$E_k = \sum (\gamma \cdot \psi \cdot E_{W_i} \text{ (Felder: } 1, \dots, n)) \quad (2)$$

Grundkombi nati on  
M 1: 30

Moment  $m_{Ed}$

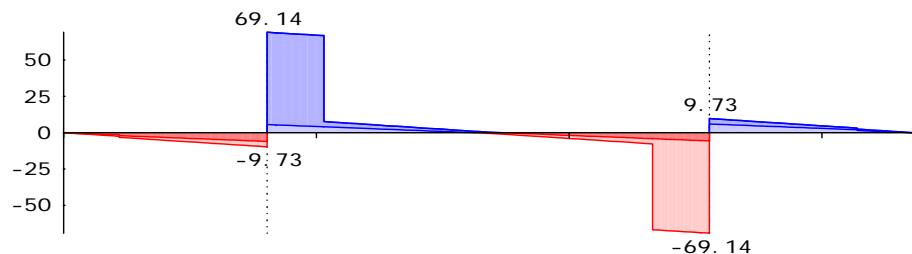
[kNm/m]



Grundkombi nati on  
M 1: 30

Querkraft  $v_{Ed}$

[kN/m]



Grundkombi nati on

x [m]	max $m_{Ed}$ [kNm/m]	Ek	min $m_{Ed}$ [kNm/m]	Ek	max $v_{Ed}$ [kN/m]	Ek	min $v_{Ed}$ [kN/m]	Ek
Kragarm links, L = 0.81 m								
0.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00	1
0.58d	-1.34	1	-2.14	2	-4.50	1	-7.21	2
0.77a	-2.31	1	-3.71	2	-5.79	1	-9.33	2
0.80	-2.52	1	-4.04	2	-6.03	1	-9.73	2
Feld 1, L = 1.75 m								
0.00	-2.52	3	-4.04	4	69.14	5	5.64	6
0.04a	-0.19	3	-3.76	4	68.79	5	5.40	6
0.22d	12.32	3	-2.46	4	66.85	5	4.10	6
0.87*	14.02	7	-0.53	8	0.36	9	-0.36	6
1.53d	12.32	3	-2.46	4	-4.10	10	-66.85	11
1.71a	-0.19	3	-3.76	4	-5.40	10	-68.79	11
1.75	-2.52	3	-4.04	4	-5.64	10	-69.14	11
Kragarm rechts, L = 0.81								
0.00	-2.52	1	-4.04	12	9.73	12	6.03	1
0.04a	-2.31	1	-3.71	12	9.33	12	5.79	1
0.22d	-1.34	1	-2.14	12	7.21	12	4.50	1
0.80	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00	1
0.81	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00	1

Bemessung

gemäß DIN 1045-1 (07.01), 7.3.2(2), 10.3.2(1),  
10.3.2(2), 13.2.2(3)

## Material

Beton **C 35/45**  
Elastizitätsmodul

Betonstahl **BSt 500SA**  
 $E_{cm} = 29900 \text{ N/mm}^2$ 

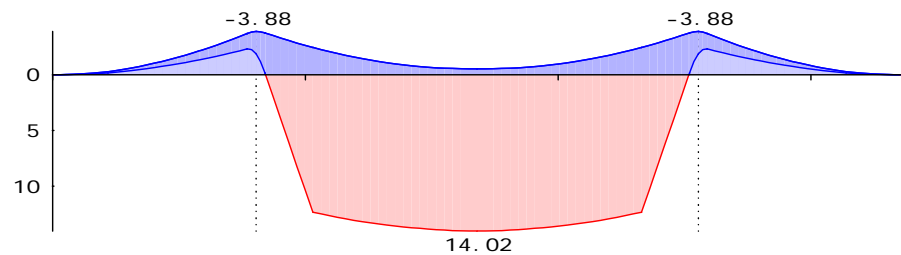
## Betondeckung

Feld	$c_{min,o}$ [mm]	$\Delta c, o$ [mm]	$d' o$ [cm]	$c_{min,u}$ [mm]	$\Delta c, u$ [mm]	$d' u$ [cm]
Kr. li	40	15	6.1	20	15	4.1
1	40	15	6.1	20	15	4.1
Kr. re	40	15	6.1	20	15	4.1

Grundkombination  
M 1:30

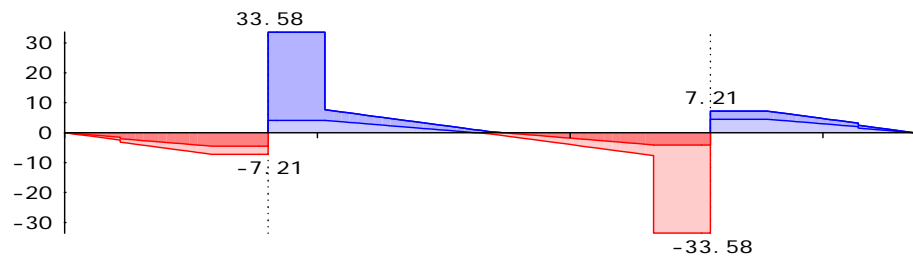
Moment  $m_{Ed}$ 

[kNm/m]


Grundkombination  
M 1:30

Querkraft  $v_{Ed}$ 

[kN/m]



## Bi egebemessung

x [m]	$m_{Ed, o}$ $m_{Ed, u}$ [kNm/m]	$E_k$	$x/d_o$ $x/d_u$ [-]	$z_o$ $z_u$ [cm]	$a_{so}$ $a_{su}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$a_{so, k}$ $a_{su, k}$ [cm <sup>2</sup> /m]	erf. $a_{so}$ erf. $a_{su}$ [cm <sup>2</sup> /m]
Feld KI, l = 0.81 m							
0.00	0.00	1	0.002	18.9	0.00	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	0.00	1	-	-	-	-	-
0.77 <sub>a</sub>	-3.71	2	0.021	18.8	0.43	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-2.31	1	-	-	-	-	-
0.80	-3.88	2	0.022	18.8	0.45	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-1.88	1	-	-	-	-	-
Feld 1, l = 1.75 m							
0.00	-3.88	4	0.022	18.8	0.45	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-1.88	3	-	-	-	-	-
0.04 <sub>a</sub>	-3.76	4	0.021	18.8	0.44	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-0.19	3	-	-	-	1.77 <sub>f</sub>	1.77
0.87*	-0.53	8	0.041	15.0	0.06	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	14.02	7	0.040	20.4	1.49	3.54 <sub>M</sub>	3.54
1.71 <sub>a</sub>	-3.76	4	0.021	18.8	0.44	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-0.19	3	-	-	-	1.77 <sub>f</sub>	1.77
1.75	-3.88	4	0.022	18.8	0.45	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-1.88	3	-	-	-	-	-

x	mEd, o	Ek	x/do	zo	aso	aso, k	erf. aso	
[m]	mEd, u		x/du	zu	asu	asu, k	[cm <sup>2</sup> /m]	erf asu
	[kNm/m]		[-]	[cm]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]
Feld Kr, l = 0.81 m								
0.00	-3.88	12	0.022	18.8	0.45	3.92 <sub>M</sub>	3.92	
	-1.88	1	-	-	-	-	-	-
0.04 <sub>a</sub>	-3.71	12	0.021	18.8	0.43	3.92 <sub>M</sub>	3.92	
	-2.31	1	-	-	-	-	-	-
0.80	0.00	1	0.002	18.9	0.00	3.92 <sub>M</sub>	3.92	
	0.00	1	-	-	-	-	-	-

### Querkraftbemessung

x	vEd	Ek	θ	vRd, max	vEd, red	vRd, ct	erfasw
[m]	[kN/m]		[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]
Feld KI, l = 0.81 m							
0.00	0.0	1	18	553.3	0.0	76.8	-
0.58 <sub>v</sub>	7.2	2	18	553.3	7.2	76.8	-
0.77 <sub>a</sub>	9.3	2	18	553.3	7.2		-
0.80	9.7	2	18	553.3	7.2		-
Feld 1, l = 1.75 m							
0.00	69.1	5	18	553.3	33.6		-
0.04 <sub>a</sub>	68.8	5	18	553.3	33.6		-
0.22 <sub>v</sub>	66.9	5	18	553.3	33.6	81.2	-
0.87	0.4	9	18	553.3	0.4	81.2	-
1.53 <sub>v</sub>	66.9	11	18	553.3	33.6	81.2	-
1.71 <sub>a</sub>	68.8	11	18	553.3	33.6		-
1.75	69.1	11	18	553.3	33.6		-
Feld Kr, l = 0.81 m							
0.00	9.7	12	18	553.3	7.2		-
0.04 <sub>a</sub>	9.3	12	18	553.3	7.2		-
0.22 <sub>v</sub>	7.2	12	18	553.3	7.2	76.8	-
0.80	0.0	1	18	553.3	0.0	76.8	-

### Bewehrungswahl

Mindeststabanzahl  
gemäß 13.3.2(4)

Feld	KI	1	Kr
Anzahl [pro m]	4	4	4

untere  
Längsbewehrung

Feld	ds	sw	as	a	l	lb, l	lb, r	La
[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> /m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	ge
K. I	ø12/25.0	4.52	0.51	2.33	0.12	0.12	1	

obere  
Längsbewehrung

Aufl.	ds	sw	as	a	l	lb, l	lb, r	La
[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> /m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	ge
A	ø12/25.0	4.52	-0.93	3.60	0.12 <sub>h</sub>	0.12 <sub>h</sub>	1	

(Längen inkl. Verankerungslängen, ohne Stöße)

Längsbewehrung  
M 1:35

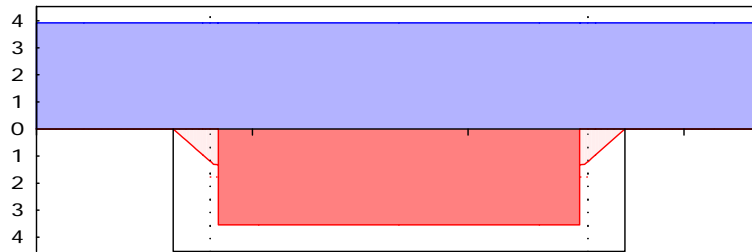
as

[cm<sup>2</sup>/m]

oben

Lage 1:

4ø12



unten

Lage 1:

4ø12

— erf. Längsbewehrung / Zugkraftdeckungsline  
--- verl. Feldebewehrung gemäß DIN 1045-1, 13.3.2(1)  
— vorhandene Längsbewehrung

Nach DIN 1045-1, 13.3.2 ist eine Querbewehrung von mindestens 20% der vorhandenen Zugbewehrung anzuordnen.

Querkraftbewehrung

Es ist keine rechnerische Querkraftbewehrung erforderlich.

### Nachweise

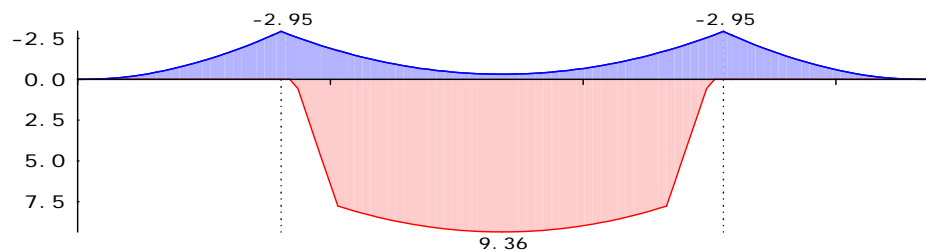
selt. Komb.  $E_{d, rare}$   
DIN 1055-100, (22)

$E_{k, rare} \sum (\gamma_{\psi} * EW \text{ (Felder: 1, \dots, n)})$			
1	1.00*Ständig	+1.00*NutzS (0)	
2	1.00*Ständig	+1.00*NutzD (1)	+0.50*NutzS (1)
3	1.00*Ständig	+1.00*NutzS (2)	

seltene Komb.  
M 1:30

Moment  $m_{E_{d, rare}}$ 

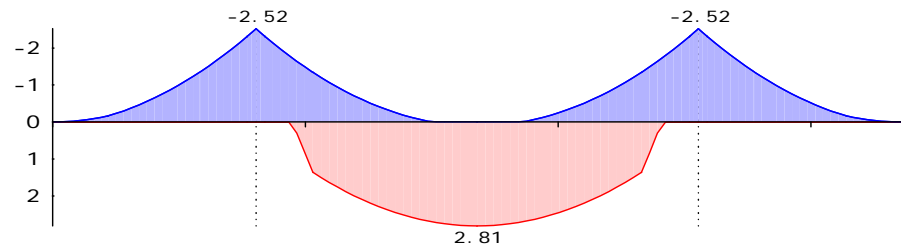
[kNm/m]


q-st. Komb.  $E_{d, perm}$   
DIN 1055-100, (24)

$E_{k, perm} \sum (\gamma_{\psi} * EW \text{ (Felder: 1, \dots, n)})$			
4	1.00*Ständig		
5	1.00*Ständig	+0.30*NutzD (1)	

quasi-ständ. Komb. Moment  $m_{Ed, perm}$   
M 1:30

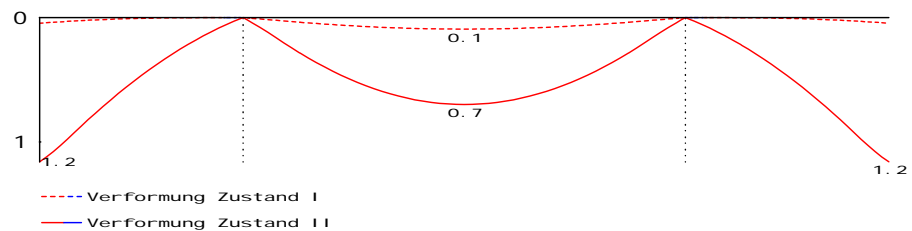
[kNm/m]



Verformungsberechnung Zustand II für die quasi-ständigen Kombinationen  
Nachweis wurde für Langzeitbelastung durchgeführt  
Endkriechzahl  $\Phi = 2.50$   
Endkriechzahl wurde begrenzt auf:  $\Phi_{mod} = 2.36$   
Endschwindmaß  $\epsilon_s = -0.500 \text{ ‰}$   
Zul. Endverformung  $zul f_{\infty} = l / 250$   
Zul. Differenzverformung  $zul f_{\Delta} = l / 500$

Grenzl原因en der Verformungen  $f$  [mm]

M 1:30



$f_{I,0}$  bzw.  $f_{II,0}$  Verformungen zum Zeitpunkt  $t=0$   
 $f_{I,\infty}$  bzw.  $f_{II,\infty}$  Verformungen zum Zeitpunkt  $t=\infty$   
 $\Delta f_{II}$   $f_{II,\infty} - f_{II,0}$

Feld	l	x	$m_{Ed}$	$E_k$	$f_{I,\infty}$	$f_{II,\infty}$	$\Delta f_{II}$	$zul f_{\infty}$
	[m]	[m]	[kNm/m]		$f_{I,0}$	$f_{II,0}$	$\Delta f_{II}$	$zul f_{\Delta}$
KI	0.81	0.00	0.00	4	0.0	1.2	8.1	
					0.0	0.2	1.0	4.0
1	1.75	0.87	2.81	5	0.1	0.7	7.0	
					-0.0	-0.0	0.7	3.5
Kr	0.81	0.81	0.00	4	0.0	1.2	8.1	
					0.0	0.2	1.0	4.0

Spannungsnachweis nach DIN 1045-1 (11.1.2, 11.1.3)

Endkriechzahl  $\Phi = 2.50$   
Endkriechzahl wurde begrenzt auf:  $\Phi_{mod} = 2.36$

Feld	l	x	$m_{Ed}$	$E_k$	$\sigma_{c, prem}/f_{ck}$	$C_d/f_{ck}$
	[m]	[m]	[kNm/m]		$\sigma_{c, rare}/f_{ck}$	$C_d/f_{ck}$
					$\sigma_{s, rare}/f_{yk}$	$C_d/f_{yk}$
					[-]	[-]
KI	0.81	0.80	-2.52	4	0.02	0.45
		0.80	-2.95	1	0.02	0.60
		0.80	-2.95	1	0.08	0.80
1	1.75	0.00	-2.52	4	0.02	0.45
		0.87	9.36	2	0.05	0.60
		0.87	9.36	2	0.21	0.80



Feld	l	x	mEd	Ek	$\sigma, c, \text{prem}/f_{ck}$	Cd/fck
	[m]	[m]	[kNm/m]		$\sigma, c, \text{rare}/f_{ck}$	Cd/fck
					$\sigma, s, \text{rare}/f_{yk}$	Cd/fyk
					[-]	[-]
Kr	0.81	0.00	-2.52	4	0.02	0.45
		0.00	-2.95	3	0.02	0.60
		0.00	-2.95	3	0.08	0.80

Tabel I ensymbol e

- \* - maximales Feldmoment
- a - Auflagerrand
- d - Abstand d vom Auflagerrand
- v - bemessungsrelevante Querkraft
- f - verl. Feldbew. DIN 1045-1, 13.2.2(6), 13.3.2(1)
- h - gesonderte Verankerungsform erforderlich
- M - Mindestbewehrung (DIN 1045-1, 13.1.1, 13.2.3)



# Statische Berechnung

**Auftrags-Nr.:** 001

**Bauvorhaben:** Eisenbahnbrücke Striegistal  
Flächenlast + Schnee

**Bauherr:** Fachhochschule Mittweida

**Tragwerksplanung:** Tilo Sperling

**Architekt:**

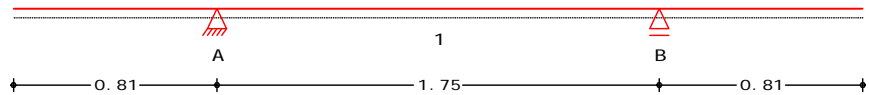
**Inhaltsverzeichnis**

Posi ti on	Beschrei bung	Sei te
TB	Ti tel bl att	1
Brücke	Stahl betonbal ken nach DIN 1045-1	3

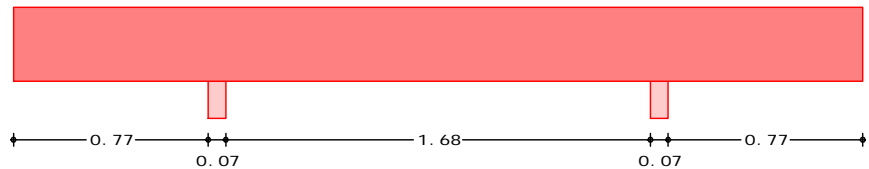
**Pos. Brücke**
**Stahlbetonbalken nach DIN 1045-1**
System

Ei nachsig gespannte Platte mit Auskragung

M 1: 30



M 1: 30



## Abmessungen

Feld	l [m]	x [m]	b [cm]	h [cm]	b/h [-]	I [cm <sup>4</sup> /m]
Kr. li	0.81		100.0	25.0	5.0	130208
1	1.75		100.0	25.0	5.0	130208
Kr. re	0.81		100.0	25.0	5.0	130208

## Auflager

Aufl.	t [cm]	Art
A	7.0	biegeweich
B	7.0	biegeweich

Ei nwi rkungen

## Ständi g

Ei gengewi cht  
ständi ge Ei nwi rkung

## NutzS

Schnee

## NutzF

Schnee-/Ei slast &lt;= 1000 m

fw

Fl ächenlast

Nutzlast, Kategori e C

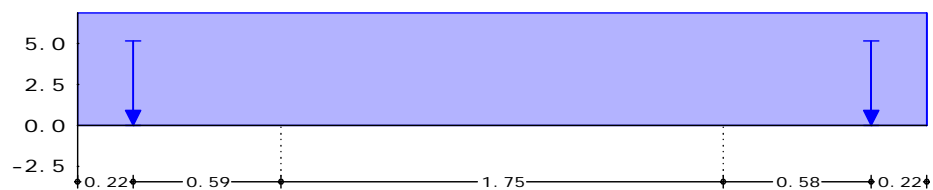
fw

Bel astung

## Ei nw. Ständi g

**Ei gengewi cht**

M 1: 30



Glei chl asten

Nr.	Fel d	q [kN/m]
1	KI -Kr	0. 11
2	KI -Kr	0. 50

Ei nzel l asten

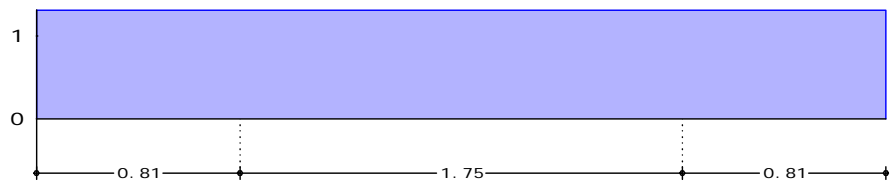
Nr.	Fel d	a [m]	F [kN]
1	Kr. li	0. 22	0. 51
2	Kr. re	0. 58	0. 51

Ei gengewi cht

Fel d	g [kN/m]
Kr. li	6. 250
1	6. 250
Kr. re	6. 250

Ei nw. *NutzS*
*Schnee*

M 1: 30

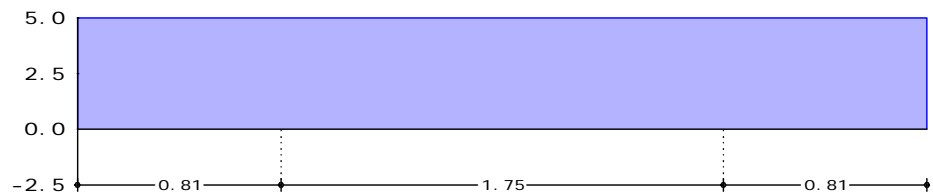


Glei chl asten

Nr.	Fel d	q [kN/m]
1	KI -Kr	1. 31

Ei nw. *NutzF*
*Fl ächenl ast*

M 1: 30



Glei chl asten

Nr.	Fel d	q [kN/m]
1	KI -Kr	5. 00

Schni ttgrö ß en

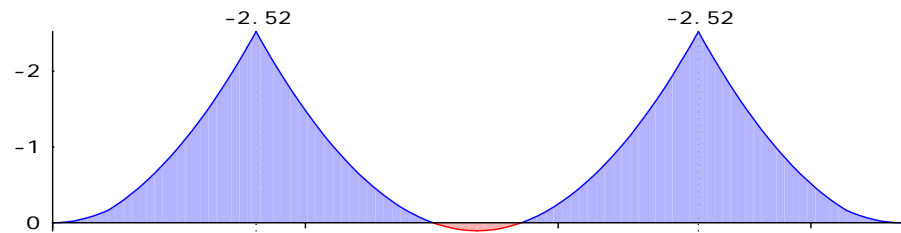
nach der l i n e a r e n E l a s t i z i t ä t s t h e o r i e

Ei nw. *Ständi g*
*Ei gengewi cht*

M 1: 30

charakteristisches Moment  $m_k$ 

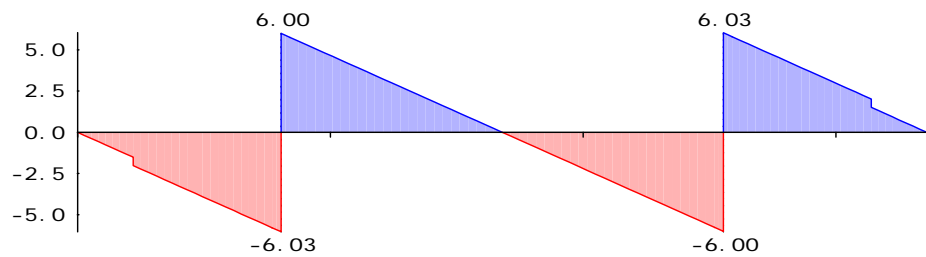
[kNm/m]



M 1: 30

charakteristische Querkraft  $v_k$ 

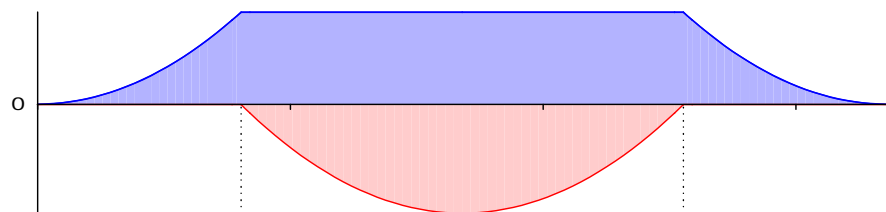
[kN/m]


Ei nw. *NutzS*
*Schnee*

M 1: 30

charakteristisches Moment  $m_k$ 

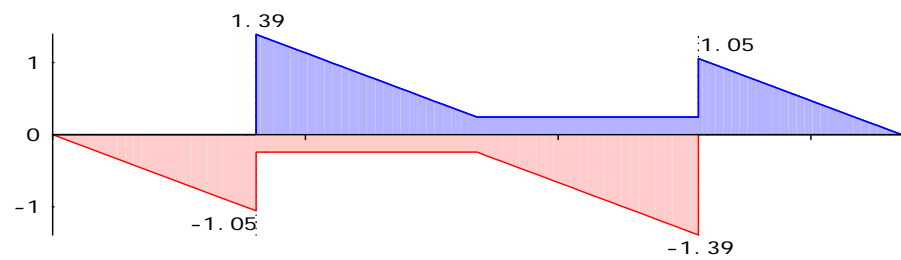
[kNm/m]



M 1: 30

charakteristische Querkraft  $v_k$ 

[kN/m]

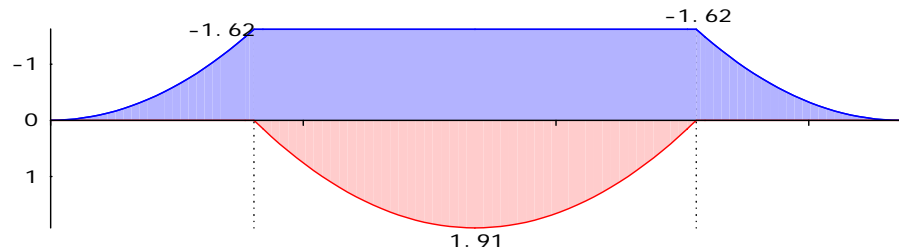

Ei nw. *NutzF*
*Flächenlast*



M 1:30

charakteristisches Moment  $m_k$ 

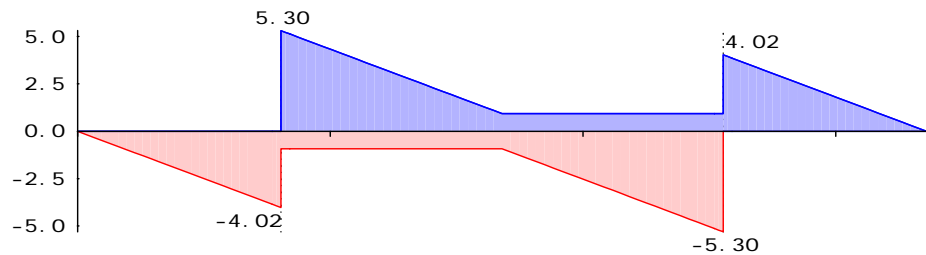
[kNm/m]



M 1:30

charakteristische Querkraft  $v_k$ 

[kN/m]


charakteristische  
Auflagerkräfte

Einwirkung	Aufl.	max [kN/m]	min [kN/m]
Ständig	A	12.03	12.03
	B	12.03	12.03
NutzS	A	2.44	-0.24
	B	2.44	-0.24
NutzF	A	9.33	-0.93
	B	9.33	-0.93

Kombinationen

Grundkombination  $E_d$   
DIN 1055-100, (14)

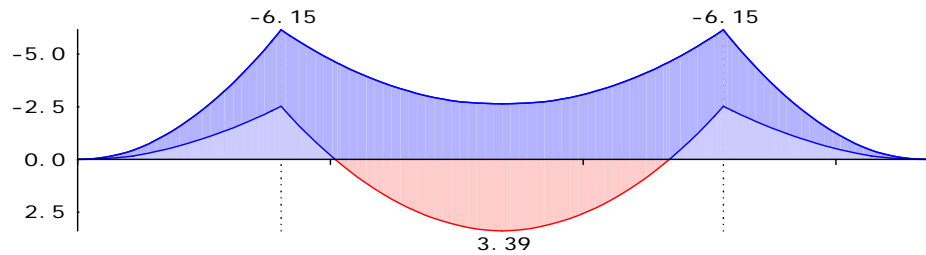
gemäß DIN 1045-1 und DIN 1055-100

Ek	$\sum (\gamma^* \psi^* EW$ (Felder: 1, ..., n))
1	1.00*Ständig
2	1.35*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (0)
3	1.00*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (1)
4	1.35*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (0, 2)
5	1.35*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (0, 1)
6	1.00*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (2)
7	1.35*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (1)
8	1.00*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (0, 2)
9	1.00*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (0)
10	1.35*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (1, 2)
11	1.35*Ständig +0.75*NutzS +1.50*NutzF (2)

Grundkombi nati on  
M 1: 30

Moment  $m_{Ed}$

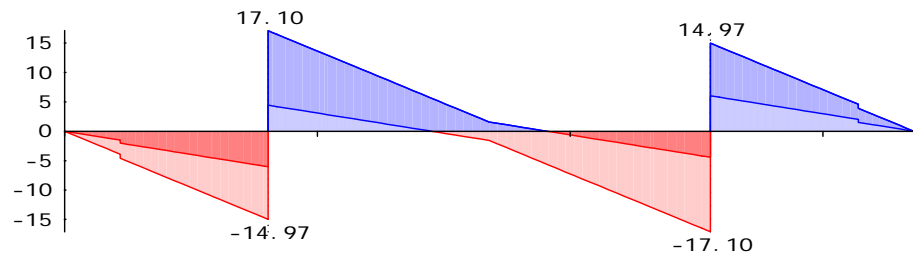
[kNm/m]



Grundkombi nati on  
M 1: 30

Querkraft  $v_{Ed}$

[kN/m]



Grundkombi nati on

x [m]	max $m_{Ed}$ [kNm/m]	Ek	min $m_{Ed}$ [kNm/m]	Ek	max $v_{Ed}$ [kN/m]	Ek	min $v_{Ed}$ [kN/m]	Ek
Kragarm links, L = 0.81 m								
0.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00	1
0.58d	-1.34	1	-3.24	2	-4.50	1	-11.00	2
0.77a	-2.31	1	-5.64	2	-5.79	1	-14.35	2
0.80	-2.52	1	-6.15	2	-6.03	1	-14.97	2
Feld 1, L = 1.75 m								
0.00	-2.52	3	-6.15	4	17.10	5	4.43	6
0.04a	-2.06	3	-5.87	4	16.48	5	4.19	6
0.21	0.00	3	-4.63	4	13.30	5	2.96	6
0.22d	0.10	3	-4.57	4	13.12	5	2.90	6
0.88*	3.39	7	-2.64	8	1.57	5	-1.57	6
1.53d	0.10	3	-4.57	4	-2.90	9	-13.12	10
1.54	0.00	3	-4.63	4	-2.96	9	-13.30	10
1.71a	-2.06	3	-5.87	4	-4.19	9	-16.48	10
1.75	-2.52	3	-6.15	4	-4.43	9	-17.10	10
Kragarm rechts, L = 0.81								
0.00	-2.52	1	-6.15	11	14.97	11	6.03	1
0.04a	-2.31	1	-5.64	11	14.35	11	5.79	1
0.22d	-1.34	1	-3.24	11	11.00	11	4.50	1
0.80	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00	1
0.81	0.00	1	0.00	1	0.00	1	0.00	1

Bemessung

gemäß DIN 1045-1 (07.01), 7.3.2(2), 10.3.2(1),  
10.3.2(2), 13.2.2(3)

## Material

Beton **C 35/45**  
Elastizitätsmodul

Betonstahl **BSt 500SA**  
 $E_{cm} = 29900 \text{ N/mm}^2$ 

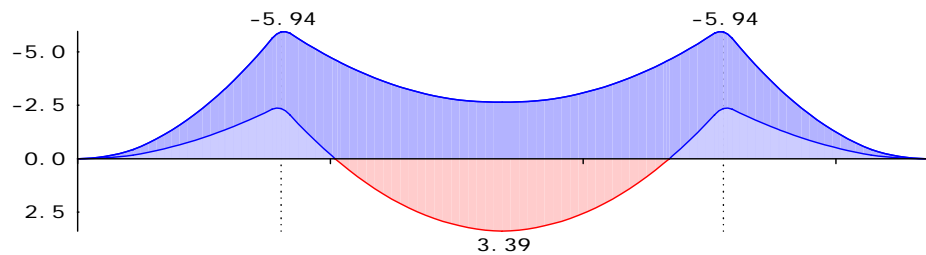
## Betondeckung

Feld	$c_{min,o}$ [mm]	$\Delta c_o$ [mm]	$d'_o$ [cm]	$c_{min,u}$ [mm]	$\Delta c_u$ [mm]	$d'_u$ [cm]
Kr.li	40	15	6.1	20	15	4.1
1	40	15	6.1	20	15	4.1
Kr.re	40	15	6.1	20	15	4.1

Grundkombination  
M 1:30

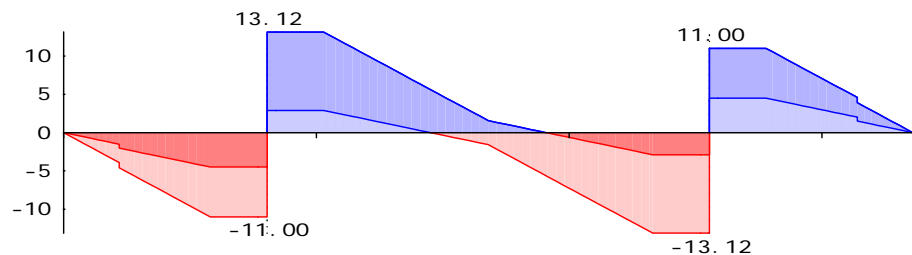
Moment  $m_{Ed}$ 

[kNm/m]


Grundkombination  
M 1:30

Querkraft  $v_{Ed}$ 

[kN/m]



## Biegebemessung

x [m]	$m_{Ed,o}$ $m_{Ed,u}$ [kNm/m]	$E_k$	$x/d_o$ $x/d_u$ [-]	$z_o$ $z_u$ [cm]	$a_{so}$ $a_{su}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$a_{so,k}$ $a_{su,k}$ [cm <sup>2</sup> /m]	erf. $a_{so}$ erf. $a_{su}$ [cm <sup>2</sup> /m]
Feld KI, l = 0.81 m							
0.00	0.00	1	0.002	18.9	0.00	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	0.00	1	-	-	-	-	-
0.77 <sub>a</sub>	-5.64	2	0.027	18.7	0.66	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-2.31	1	-	-	-	-	-
0.80	-5.94	2	0.027	18.7	0.69	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-2.35	1	-	-	-	-	-
Feld 1, l = 1.75 m							
0.00	-5.94	4	0.027	18.7	0.69	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-2.35	3	-	-	-	-	-
0.04 <sub>a</sub>	-5.87	4	0.027	18.7	0.69	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-2.06	3	-	-	-	1.77 <sub>f</sub>	1.77
0.21	-4.63	4	0.024	18.7	0.54	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	0.00	3	0.022	14.8	0.00	3.54 <sub>M</sub>	3.54
0.88*	-2.64	8	0.026	16.7	0.31	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	3.39	7	0.025	18.1	0.36	3.54 <sub>M</sub>	3.54
1.71 <sub>a</sub>	-5.87	4	0.027	18.7	0.69	3.92 <sub>M</sub>	3.92
	-2.06	3	-	-	-	1.77 <sub>f</sub>	1.77
1.75	-5.94	4	0.027	18.7	0.69	3.92 <sub>M</sub>	3.92

x	mEd, o	Ek	x/do	zo	aso	aso, k	erf. aso	
[m]	mEd, u		x/du	zu	asu	asu, k	[cm <sup>2</sup> /m]	erf asu
	[kNm/m]		[-]	[cm]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]	[cm <sup>2</sup> /m]
	-2.35	3	-	-	-	-	-	-
Feld Kr, l = 0.81 m								
0.00	-5.94	11	0.027	18.7	0.69	3.92 <sub>M</sub>	3.92	
	-2.35	1	-	-	-	-	-	-
0.04 <sub>a</sub>	-5.64	11	0.027	18.7	0.66	3.92 <sub>M</sub>	3.92	
	-2.31	1	-	-	-	-	-	-
0.80	0.00	1	0.002	18.9	0.00	3.92 <sub>M</sub>	3.92	
	0.00	1	-	-	-	-	-	-

### Querkraftbemessung

x	vEd	Ek	θ	vRd, max	vEd, red	vRd, ct	erfasw
[m]	[kN/m]		[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]
Feld KI, l = 0.81 m							
0.00	0.0	1	18	553.3	0.0	76.8	-
0.58 <sub>v</sub>	11.0	2	18	553.3	11.0	76.8	-
0.77 <sub>a</sub>	14.4	2	18	553.3	11.0		-
0.80	15.0	2	18	553.3	11.0		-
Feld 1, l = 1.75 m							
0.00	17.1	5	18	553.3	13.1		-
0.04 <sub>a</sub>	16.5	5	18	553.3	13.1		-
0.22 <sub>v</sub>	13.1	5	18	553.3	13.1	76.8	-
0.88	1.6	5	18	553.3	1.6	81.2	-
1.53 <sub>v</sub>	13.1	10	18	553.3	13.1	76.8	-
1.71 <sub>a</sub>	16.5	10	18	553.3	13.1		-
1.75	17.1	10	18	553.3	13.1		-
Feld Kr, l = 0.81 m							
0.00	15.0	11	18	553.3	11.0		-
0.04 <sub>a</sub>	14.4	11	18	553.3	11.0		-
0.22 <sub>v</sub>	11.0	11	18	553.3	11.0	76.8	-
0.80	0.0	1	18	553.3	0.0	76.8	-

### Bewehrungswahl

Mindeststabanzahl  
gemäß 13.3.2(4)

Feld	KI	1	Kr
Anzahl [pro m]	4	4	4

untere  
Längsbewehrung

Feld	ds	sw	as	a	l	lb, l	lb, r	La
[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> /m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	ge
K.I	ø12/25.0	4.52	0.77	1.82	0.07	0.07		1

obere  
Längsbewehrung

Aufl.	ds	sw	as	a	l	lb, l	lb, r	La
[mm]	[cm]	[cm <sup>2</sup> /m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	ge
A	ø12/25.0	4.52	-0.93	3.60	0.12 <sub>h</sub>	0.12 <sub>h</sub>		1

(Längen inkl. Verankerungslängen, ohne Stöße)

Längsbewehrung  
M 1:35

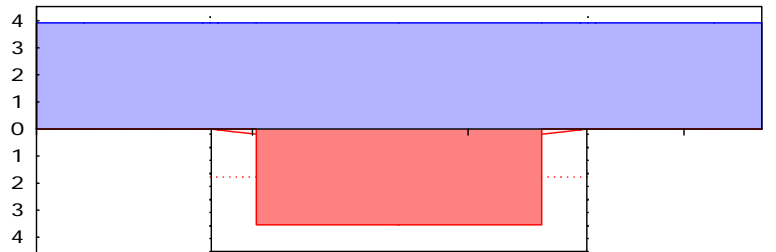
as

[cm<sup>2</sup>/m]

oben

Lage 1:

4ø12



unten

Lage 1:

4ø12

■ erf. Längsbewehrung / Zugkraftdeckungsline  
--- verl. Feldbewehrung gemäß DIN 1045-1, 13.3.2(1)  
— vorhandene Längsbewehrung

Nach DIN 1045-1, 13.3.2 ist eine Querbewehrung von mindestens 20% der vorhandenen Zugbewehrung anzuordnen.

Querkraftbewehrung

Es ist keine rechnerische Querkraftbewehrung erforderlich.

### Nachweise

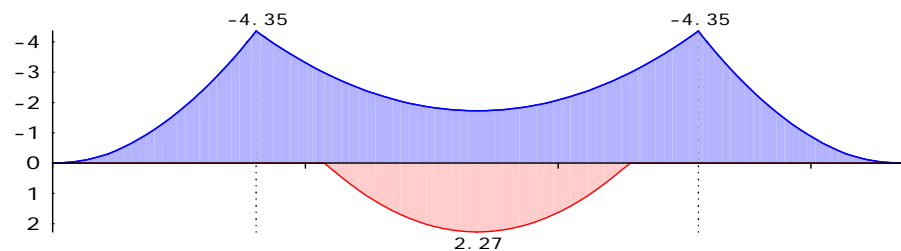
selt. Komb.  $E_{d, rare}$   
DIN 1055-100, (22)

$E_{k, rare}$	$\Sigma (\gamma_{\psi} * EW (Felder: 1, \dots, n))$		
1	1.00*Ständig	+0.50*NutzS (0)	+1.00*NutzF (0)
2	1.00*Ständig	+0.50*NutzS (0, 2)	+1.00*NutzF (0, 2)
3	1.00*Ständig	+0.50*NutzS (2)	+1.00*NutzF (2)

seltene Komb.  
M 1:30

Moment  $m_{E_{d, rare}}$ 

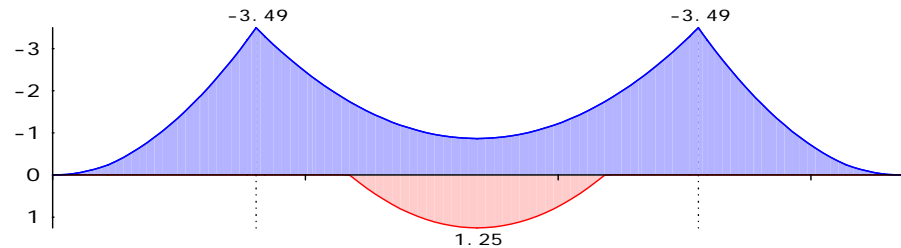
[kNm/m]


q-st. Komb.  $E_{d, perm}$   
DIN 1055-100, (24)

$E_{k, perm}$	$\Sigma (\gamma_{\psi} * EW (Felder: 1, \dots, n))$		
4	1.00*Ständig	+0.60*NutzF (0, 2)	
5	1.00*Ständig	+0.60*NutzF (0)	
6	1.00*Ständig	+0.60*NutzF (2)	

quasi-ständ. Komb. Moment  $m_{Ed, perm}$   
M 1:30

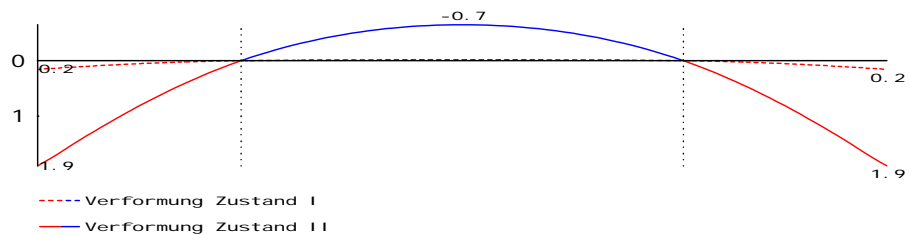
[kNm/m]



Verformungsberechnung Zustand II für die quasi-ständigen Kombinationen  
Nachweis wurde für Langzeitbelastung durchgeführt  
Endkriechzahl  $\Phi_i = 2.50$   
Endkriechzahl wurde begrenzt auf:  $\Phi_{i, mod} = 2.36$   
Endschwindmaß  $\epsilon_{ps} = -0.500 \text{ ‰}$   
Zul. Endverformung  $zul f_{\infty} = l / 250$   
Zul. Differenzverformung  $zul f_{\Delta} = l / 500$

Grenzl意思 der Verformungen  $f$  [mm]

M 1:30



$f_{I,0}$  bzw.  $f_{II,0}$  Verformungen zum Zeitpunkt  $t=0$   
 $f_{I,\infty}$  bzw.  $f_{II,\infty}$  Verformungen zum Zeitpunkt  $t=\infty$   
 $\Delta f_{II}$   $f_{II,\infty} - f_{II,0}$

Feld	l	x	$m_{Ed}$	$E_k$	$f_{I,\infty}$	$f_{II,\infty}$	$zul f_{\infty}$
	[m]	[m]	[kNm/m]		[mm]	[mm]	[mm]
KI	0.81	0.00	0.00	4	0.2	1.9	8.1
					0.0	0.2	4.0
1	1.75	0.88	-0.87	4	-0.0	-0.7	7.0
					-0.0	-0.6	3.5
Kr	0.81	0.81	0.00	4	0.2	1.9	8.1
					0.0	0.2	4.0

Spannungsnachweis nach DIN 1045-1 (11.1.2, 11.1.3)

Endkriechzahl  $\Phi_i = 2.50$   
Endkriechzahl wurde begrenzt auf:  $\Phi_{i, mod} = 2.36$

Feld	l	x	$m_{Ed}$	$E_k$	$\sigma_{c, prem}/f_{ck}$	$C_d/f_{ck}$
	[m]	[m]	[kNm/m]			
KI	0.81	0.80	-3.49	5	0.02	0.45
		0.80	-4.35	1	0.03	0.60
		0.80	-4.35	1	0.11	0.80
1	1.75	0.00	-3.49	4	0.02	0.45
		0.00	-4.35	2	0.03	0.60
		0.00	-4.35	2	0.11	0.80



Feld	l	x	mEd	Ek	$\sigma_c$ , prem/fck	Cd/fck
					$\sigma_c$ , rare/fck	Cd/fck
					$\sigma_s$ , rare/fyk	Cd/fyk
	[m]	[m]	[kNm/m]		[-]	[-]
Kr	0.81	0.00	-3.49	6	0.02	0.45
		0.00	-4.35	3	0.03	0.60
		0.00	-4.35	3	0.11	0.80

Tabel I ensymbol e

- \* - maximales Feldmoment
- a - Auflagerrand
- d - Abstand d vom Auflagerrand
- v - bemessungsrelevante Querkraft
- f - verl. Feldbew. DIN 1045-1, 13.2.2(6), 13.3.2(1)
- h - gesonderte Verankerungsform erforderlich
- M - Mindestbewehrung (DIN 1045-1, 13.1.1, 13.2.3)

## Anlage F

### Darstellung des Kostenvergleichs

		Sanierung	Neubau
Vorbereiten	Einrücken	1200 €	1200 €
	Einhausen	1250 €	
	Baustelleneinrichtung	1500 €	1500 €
		<b>3950 €</b>	<b>2700 €</b>
Sanierung	□ Natursteinmauerwerk säubern	4800 €	4800 €
	Natursteinmauerwerk reinigen	1280 €	1280 €
	Natursteinmauerwerk ersetzen	10400 €	10400 €
	Natursteinmauerwerk ausfugen	8800 €	8800 €
	Natursteinmauerwerk hydrophobieren	2400 €	2400 €
	Kappen abstemme	1000 €	1000 €
	Kappen einschalen einschl. Kappenbeton	<b>28680 €</b>	<b>28680 €</b>
Stahlbau (primär)	TB	720 €	1080 €
	Material		3947 €
	Fertigung (inkl. Beschichtung)		6264 €
	Montage	2000 €	5261 €
	Herstellungskosten	<b>2720 €</b>	<b>15831 €</b>
Stahlbau (sekundär)	Lasteinleitungsschiene	220 €	
	Lager sanieren	2000 €	2000 €
	Geländer	4750 €	4750 €
		<b>12410 €</b>	<b>6750 €</b>
Korrosionsschutz	Strahlen	5000 €	
	Koservierung	5940 €	
		<b>10940 €</b>	
Fahrbahn	Betonelemente	7600 €	7600 €
	Entwässerung	3000 €	3000 €
		<b>10600 €</b>	<b>10600 €</b>
<b>Gesamtsumme</b>		<b>69300 €</b>	<b>64561 €</b>

alles Nettopreise

hinzu kommen die Verwaltungsgemeinkosten und mögliche Gewinnaufschläge

## **Literaturverzeichnis**

**[Schmitt2009] Alois Schmitt. 2009.** Stahl Katalog. [Hrsg.] Schmitt GmbH & Co. KG. Karlsruhe : s.n., 2009.

**[DIN10554] DIN 1055-4. 2005.** Einwirkung auf Tragwerke. *Windlasten*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, März 2005.

**[DIN10555] DIN 1055-5. 2005.** Einwirkung auf Tragwerke. *Schnee- und Eislasten*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, Juli 2005.

**[DINFb101] DIN Fb 101. 2009.** Einwirkung auf Brücken. *DIN-Fachbericht 101*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, 03 2009.

**[Platzhalter6] —. 2009.** Einwirkung auf Brücken. *DIN-Fachbericht 101*. [Norm]. Berlin : Beuth Verlag GmbH, März 2009.

**[DV804] DV 804. 1951.** Deutsche Bundesbahn. *Berechnungsgrundlagen für stählerne Eisenbahnbrücken*. [Norm]. Berlin : Drucksachenverlag der Deutschen Reichsbahn, 1. Oktober 1951.

**[ERA95] ERA-95. 1995.** Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. [Hrsg.] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen. [Richtlinie]. Köln : Der Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 1995.

**[Meinhardt2009] Meinhardt, Christian. 2009.** Schwingungstilger zur Verringerung der Schwingungsanfälligkeit von Fußgängerbrücken. *Stahlbau*. Februar 2009, Bd. Heft 2, 78. Jahrgang, S. 125.

**[RIZING2003] RIZ-ING. 2003.** Richtzeichnungen für Ingenieurbauten. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Wohnungswesen. *Sammlung Brücken- und Ingenieurbau*. Dortmund : Verkehrsblattverlag Borgmann GmbH & Co KG, 2003.

**[Schneider2005] Schneider, Klaus-Jürgen. 2005.** *Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen*. München : Werner Verlag, 2005. Bd. 16. Auflage.

**[StVZO] StVZO. 2009.** Straßenverkehrs Zulassungs Ordnung. [Hrsg.] Bundesministerium für Verkehr Bau und Stadtentwicklung. Dortmund : s.n., 2009.

**[Zimmermann1931] Zimmermann, W. 1931.** *Teubners Tabellenbücher Metallgewerbe*. Berlin : Teubner Verlag Leipzig, 1931. Bd. 2. Auflage.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Darstellung des Ursprungzustandes .....	5
Abbildung 2 Lastenzüge Deutsche Reichsbahn [DV804] .....	5
Abbildung 3 Möglichkeiten des anzusetzenden Lastbildes .....	6
Abbildung 4 Lastzusammenstellung aus Verkehrslastzug .....	6
Abbildung 5 Übersicht zur Gewichtermittlung nach [DV804] .....	6
Abbildung 6 Belastungsansatz für Einwirkung auf Gehstegen [DV804] .....	7
Abbildung 7 Hinweise zum Ansatz von Windlasten [DV804] .....	7
Abbildung 8 Schneelast Besonderheiten aus der [DV804] .....	7
Abbildung 9 Hinweise zur Berücksichtigung der Schwingwirkung [DV804] .....	8
Abbildung 10 Tabelle zum Ermitteln der maßgebenden Länge [DV804] .....	8
Abbildung 11 Einsatzbereich des $\varphi$ Wertes [DV804] .....	8
Abbildung 12 Tabelle mit dem Schwingbeiwert $\varphi$ .....	9
Abbildung 13 Momentenverlauf Ursprung alt .....	10
Abbildung 14 Querkraftverlauf Ursprung alt .....	10
Abbildung 15 Verformung Ursprung alt .....	10
Abbildung 16 Übersicht über die zulässige Spannung nach [DV804] .....	11
Abbildung 17 Momentenverlauf Ursprung neu .....	13
Abbildung 18 Querkraftverlauf Ursprung neu .....	13
Abbildung 19 Verformung Ursprung neu .....	13
Abbildung 20 Darstellung der Sanierungsvariante .....	15
Abbildung 21 Schneelastzonenkarte [DIN10555] .....	15
Abbildung 22 Windzonenkarte [DIN10554] Anhang A .....	16
Abbildung 23 Geländekategorien [DIN10554] Anhang B .....	16
Abbildung 24 Windeinwirkung auf Brücken [DIN Fb101] Anhang N .....	16
Abbildung 25 Windangriffsfläche ohne Verkehrsband [Schneider2005] .....	17
Abbildung 26 Windangriffsfläche mit Verkehrsband [Schneider2005] .....	17
Abbildung 27 Brückenquerschnitt mit Windlast .....	17
Abbildung 28 Radlasten Krafteinleitung [DIN Fb101] .....	18
Abbildung 29 Lastmodell Dienstfahrzeug [DIN Fb101] .....	18
Abbildung 30 Brückenfestlager .....	20
Abbildung 31 Kritische Eigenfrequenzen bei Fußgängerbrücken [Meinhardt2009] .....	21
Abbildung 32 Skizze Lastansatz Eigengewicht .....	22
Abbildung 33 Verformung unter Eigenlast .....	22
Abbildung 34 Trägerprofil .....	22
Abbildung 35 Geländerausbildung [RIZING2003] .....	23
Abbildung 36 Breite für Radwege [ERA95] .....	24

Abbildung 37 Brückenquerschnitt mit Dienstfahrzeug .....	25
Abbildung 38 Brückenquerschnitt mit Radverkehr .....	25
Abbildung 39 Brückenhandlauf [Schmitt2009] .....	25
Abbildung 40 Gewichtermittlung Geländer .....	25
Abbildung 41 Geländerquerschnitt.....	26
Abbildung 42 Geländerpfostenquerschnitt.....	27
Abbildung 43 Ansatz Holmlast .....	27
Abbildung 44 Oberflächenbeschichtung .....	28
Abbildung 45 Brückenträgerisometrie mit Positionsnummern.....	29
Abbildung 46 Ermittlung Eigengewicht Träger .....	30
Abbildung 47 Querschnitt Brückenträger 4.....	31
Abbildung 48 Querschnitt Brückenträger 3.....	31
Abbildung 49 Querschnitt Brückenträger 2.....	31
Abbildung 50 Querschnitt Brückenträger 1.....	32
Abbildung 51 Bemaßung Träger .....	32
Abbildung 52 Spannungsverlauf.....	33
Abbildung 53 ohne Lochabzug.....	34
Abbildung 54 mit Lochabzug .....	34
Abbildung 55 Definition von Lastgruppen [DIN Fb101] .....	34
Abbildung 56 Kombinationsbeiwerte für Geh- und Radwegbrücken [DIN Fb101] .....	35
Abbildung 57 Teilsicherheitsbeiwerte für Brücken [DIN Fb101] .....	35
Abbildung 58 Lastfälle .....	36
Abbildung 59 Brückenquerschnitt Betonplatte .....	36
Abbildung 60 Lastzusammenstellung .....	37
Abbildung 61 Laststellung M max.....	38
Abbildung 62 Funktion für M max.....	38
Abbildung 63 Momentverlauf LK 1a .....	39
Abbildung 64 Querkraftverlauf LK 1a .....	39
Abbildung 65 Verformung LK 1a.....	39
Abbildung 66 Momentenverlauf LK 2a .....	40
Abbildung 67 Querkraftverlauf LK 2a .....	40
Abbildung 68 Verformung LK 2a.....	40

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die Diplomarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, alle Ausführungen, die anderen Schriften wörtlich oder sinngemäß entnommen wurden, kenntlich gemacht sind und die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung war.

Riesa , 13. Juni 2010

Tilo Sperling